



BREVET D'INVENTION

CERTIFICAT D'UTILITÉ - CERTIFICAT D'ADDITION

COPIE OFFICIELLE

Le Directeur général de l'Institut national de la propriété industrielle certifie que le document ci-annexé est la copie certifiée conforme d'une demande de titre de propriété industrielle déposée à l'Institut.

Fait à Paris, le 09 FEV. 2001

Pour le Directeur général de l'Institut
national de la propriété industrielle
Le Chef du Département des brevets

Martine PLANCHE

INSTITUT
NATIONAL DE
LA PROPRIÉTÉ
INDUSTRIELLE

SIEGE
26 bis, rue de Saint Petersburg
75800 PARIS cedex 08
Téléphone : 01 53 04 53 04
Télécopie : 01 42 93 59 30
<http://www.inpi.fr>

This Page Blank (uspto)

REQUÊTE EN DÉLIVRANCE

26 bis, rue de Saint Pétersbourg
75800 Paris Cedex 08

Téléphone : (1) 42.94.52.52 Télécopie : (1) 42.93.59.30

Confirmation d'un dépôt par télécopie ☐

Cet imprimé est à remplir à l'encre noire en lettres capitales

Réservé à l'INPI

DATE DE REMISE DES PIÈCES

30 DEC. 1998

N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL

98 16679 -

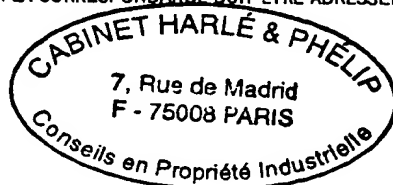
DÉPARTEMENT DE DÉPÔT

DATE DE DÉPÔT

30 DEC. 1998

1

NOM ET ADRESSE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE
À QUI LA CORRESPONDANCE DOIT ÊTRE ADRESSÉE



n° du pouvoir permanent références du correspondant téléphone
FR 61226 K-822J 0153046464

2 DEMANDE Nature du titre de propriété industrielle

☒ brevet d'invention

☐ demande divisionnaire

☐ certificat d'utilité

☐ transformation d'une demande de brevet européen

☐ demande initiale

☒ brevet d'invention

☐ certificat d'utilité n°

date

Établissement du rapport de recherche

☐ différé

☒ immédiat

Le demandeur, personne physique, requiert le paiement échelonné de la redevance

☐ oui

☐ non

Titre de l'invention (200 caractères maximum)

SYSTEME DE COMPRESSION ET DE DECOMPRESSION DE SIGNAUX VIDEO NUMERIQUES

3 DEMANDEUR (S)

n° SIREN

code APE-NAF

Nom et prénoms (souligner le nom patronymique) ou dénomination

HOLDING B.E.V. SA

Forme juridique

Nationalité (s) Luxembourgeoise

Adresse (s) complète (s)

Pays

69, route d'Esch, Luxembourg

LUXEMBOURG

En cas d'insuffisance de place, poursuivre sur papier libre

4 INVENTEUR (S) Les inventeurs sont les demandeurs

☐ oui

☒ non

Si la réponse est non, fournir une désignation séparée

5 RÉDUCTION DU TAUX DES REDEVANCES

☐ requise pour la 1ère fois

☐ requise antérieurement au dépôt : joindre copie de la décision d'admission

6 DÉCLARATION DE PRIORITÉ OU REQUÊTE DU BÉNÉFICE DE LA DATE DE DÉPÔT D'UNE DEMANDE ANTÉRIEURE

pays d'origine

numéro

date de dépôt

nature de la demande

FRANCE

98 10837

28 AOUT 1998

BREVET D'INVENTION

7 DIVISIONS

antérieures à la présente demande n°

date

n°

date

8 SIGNATURE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE

(nom et qualité du signataire - n° d'inscription)

PHÉLIP Bruno

C.P.I. bm (92-1194 I)

Cabinet HARLÉ ET PHÉLIP

SIGNATURE DU PRÉPOSÉ À LA RÉCEPTION

SIGNATURE APRES ENREGISTREMENT DE LA DEMANDE À L'INPI

DÉSIGNATION DE L'INVENTEUR

(si le demandeur n'est pas l'inventeur ou l'unique inventeur)

DEPARTEMENT DES BREVETS

26bis, rue de Saint-Petersbourg
75800 Paris Cédex 08
Tél. : 01 53 04 53 04 - Télécopie : 01 42 93 59 30

N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL

98 16679

TITRE DE L'INVENTION :

SYSTEME DE COMPRESSION ET DE DECOMPRESSION DE SIGNAUX VIDEO NUMERIQUES

LE(S) SOUSSIGNÉ(S)

HOLDING B.E.V. SA

DÉSIGNE(NT) EN TANT QU'INVENTEUR(S) (indiquer nom, prénoms, adresse et souligner le nom patronymique)

PIRIM Patrick
56, rue Patay
75013 PARIS

NOTA : A titre exceptionnel, le nom de l'inventeur peut être suivi de celui de la société à laquelle il appartient (société d'appartenance) lorsque celle-ci est différente de la société déposante ou titulaire.

Date et signature (s) du (des) demandeur (s) ou du mandataire

- 1 SEP 1999

**MICHELET Alain
C.P.I. bm (92-1176 i)
Cabinet HARLE ET PHELIP**

La présente invention est relative à un système (procédé et dispositif) de compression et de décompression de signaux vidéo numériques.

Le système selon l'invention permet, dans sa portion compression, de compresser les signaux vidéo numériques de sources variées, telles que caméra vidéo numérique, caméra vidéo analogique suivie d'un convertisseur analogique/digital, lecteur de films cinéma émettant des signaux vidéo numériques, soit directement soit par l'intermédiaire d'un convertisseur analogique/numérique, magnétoscope ou ordinateur à sortie numérique, compact disc, laser disc, D.V.D., visiophone (téléphone avec caméra vidéo), fixe ou portable, signal vidéo numérique à séquence d'images, signal vidéo issu d'un bras informatique (interface P.C.I., U.S.B., Firebus), la caméra pouvant, entre autres, être constituée par une micro-caméra simplifiée, un imageur MOS, ou un CCD avec son électronique associée sur une puce électronique, tandis que les signaux peuvent être dans divers systèmes vidéo, tels que PAL, NTSC, SECAM, HDTV (télévision haute fidélité), tant en noir et blanc qu'en couleurs à composants variés *RGB*, *YCbCr* et *CMYK*, représentant des scènes animées sous la forme d'un flux de signaux vidéo numériques.

Les signaux numériques compressés, disponibles en sortie de la portion compression du système de compression et de décompression selon la présente invention, qui reçoit en entrée une succession de signaux vidéo numériques à compresser, peuvent être soit enregistrés sur un support d'enregistrement numérique d'images, tel que CD, laser disc, CD-ROM, CDC-ROM, DVD-ROM, bande magnétique, avec ou sans signal représentatif du son synchrone, soit transmis à distance par satellite, câble, relais hertzien, ou simple ligne téléphonique du fait de leur bande passante réduite, pour être soit enregistrés à distance sur un support d'enregistrement numérique d'images, directement ou après décompression par la portion décompression d'un système de compression et de décompression selon la présente invention, utilisant pour la décompression la même norme que pour la compression, soit visualisés à distance, après une telle décompression, sur l'écran d'un téléviseur, moniteur, ordinateur, visiophone fixe ou portable, l'invention est également applicable à la transmission, notamment par satellite, de films cinématographiques, par exemple vers des salles de cinéma à partir d'un centre de diffusion.

Le système selon l'invention permet d'obtenir une compression plus poussée (dans une bande passante de largeur moindre) dans sa portion compression, c'est-à-dire de débiter en sortie de cette portion un signal numérique de longueur plus courte par image

vidéo, et/ou d'obtenir, en sortie de sa portion décompression, un signal numérique représentant une image vidéo de meilleure qualité, notamment plus fine et sans blocs d'image apparents.

Un tel système présente également d'autres avantages,

- 5 - dont l'un provient du fait que le système devient opérationnel très rapidement après sa mise en route, en particulier au bout de trois trames de signal vidéo, alors que les systèmes antérieurs doivent attendre douze trames environ avant de pouvoir être opérationnels, et
- dont l'autre provient du fait que, dans la voie ou portion compression, on reconstitue, en fin de codage et avant compression finale des signaux vidéo numériques, les signaux vidéo d'origine avant codage, aux fins de contrôle, ce qui améliore la fiabilité de la compression.

En particulier, grâce à ses caractéristiques, le système de compression et de décompression selon l'invention permet :

- 15 - de réaliser un système de visiophonie entre deux postes, fixes, mobiles ou portables, avec respectivement capture et reconstitution d'images animées dans ces postes, et transmission des signaux vidéo compressés numériques, même par une ligne téléphonique classique, les images reproduites ayant une très bonne qualité, avec application, entre autres, aux vidéoconférences ;
- 20 - d'enregistrer sur un support d'enregistrement, d'un des types précités (tels que CD, laser disc, CD-ROM, CDC-ROM, DVD-ROM) un flot d'informations vidéo numériques (par exemple celui d'un film cinéma ou vidéo, d'un jeu électronique ou d'un système interactif) beaucoup plus important que jusqu'à présent par les systèmes de compression et de décompression de signaux vidéo numériques, en particulier
- 25 d'enregistrer sur un seul support un flux d'informations qui exige actuellement deux ou trois supports de même nature.

D'une manière générale, l'invention trouve son application dans les divers systèmes de communication, les ordinateurs, les systèmes de divertissement, tels que jeux vidéo et karaoké, les systèmes d'éducation et d'apprentissage, les caméras, caméscopes, enregistreurs, émetteurs et récepteurs de vidéo numérique, et plus généralement dans tous les systèmes de transmission et d'enregistrement de données numériques.

À l'heure actuelle, on connaît, et même on utilise commercialement, différents standards ou normes de compression et décompression de signaux vidéo numériques, à

savoir, en particulier, JPEG (Joint Photographic Experts Group), conçu essentiellement pour les images fixes, MPEG (Moving Pictures Experts Group) prévu essentiellement pour les images animées, dans ses versions MPEG 1 et MPEG 2 commercialisées et bientôt MPEG 4 en voie de standardisation.

5 Ces normes, notamment les MPEG, sont basées sur l'utilisation de la transformée de Fourier, en utilisant seulement la composante en cosinus de cette transformée. Essentiellement un système de compression et de décompression de signaux vidéo numériques suivant ces normes JPEG et MPEG comporte un filtre ou codeur *DCT* (Discrete Cosine Transform) mettant en œuvre les transformées de Fourier et un ensemble de compression –
10 décompression ; dans la portion compression du système, le signal à compresser est appliqué à l'entrée compression du filtre *DCT* dont le signal de la sortie compression (constitué par les transformées de Fourier) est appliqué à l'entrée compression dudit ensemble de compression – décompression qui débite sur sa sortie compression le signal vidéo compressé, tandis que, dans la portion décompression du système, le signal à décompresser est
15 appliqué à l'entrée décompression dudit ensemble dont le signal de sortie, disponible sur la sortie décompression de l'ensemble, est appliqué à l'entrée décompression du filtre *DCT* qui débite, sur sa sortie décompression, le signal décompressé, la portion décompression du système effectuant les fonctions inverses de celles réalisées dans la portion compression du système, tant pour le filtre *DCT* que pour l'ensemble compression – décompression.

20 Plus particulièrement, dans le cas de MPEG, la compression consiste essentiellement à diviser chaque image vidéo représentative d'une scène animée en 8 x 8 blocs couvrant toute l'image et à traiter successivement les 64 blocs des images successives dans un filtre ou unité *DCT* qui effectue une transformation de Fourier dont il ne retient que la partie significative (celle de la composante en cosinus).

25 Puis, dans une première unité de l'ensemble de compression – décompression, constituée par un quantificateur adaptatif, les coefficients numériques de fréquence de la partie significative des transformées de Fourier successives, ainsi déterminés, sont quantifiés pour réduire le nombre de leurs bits dans le flot binaire de « 0 » et de « 1 » et augmenter le nombre de « 0 » dans ce flot. Les variations dans le temps de la valeur de
30 chaque même pixel (ou point-image) des trames successives du signal *DC* (Discrete Cosine) sortant de l'unité *DCT*, qui sont faibles en général, sont déterminées; cette opération de détermination de signaux binaires de variation ou différence pour chaque pixel et la substitution de ces signaux binaires aux signaux *DC* diminuent encore la taille

des signaux numériques de pixel dans le flux de données transmis et augmente la proportion de « 0 » dans ce flux.

On réalise ensuite, dans la deuxième unité de l'ensemble de compression – décompression, constituée par un codeur *RLC* (zéro Run-Length-Coding) repérant les suites de
 5 « 0 » consécutifs, un codage qui transforme les signaux *DC* ainsi quantifiées en un ensemble de 8 bits, dont les quatre premiers représentent le nombre de « 0 » et les quatre derniers le nombre de bits significatifs du signal avant codage.

Enfin, dans la troisième unité de l'ensemble de compression – décompression, constituée par un codeur de Huffman qui, au moyen d'un tableur de codage, attribue à
 10 chacun des groupes précités de 8 bits un nombre binaire à nombre de bits réduit, en particulier très réduit pour les groupes de 8 bits les plus fréquents, on substitue à chaque groupe de 8 bits un nombre binaire comportant en moyenne moins de 8 bits.

C'est le flux de ces nombres binaires (bits) sortant du codeur de Huffman qui constitue le signal final compressé, débité par le système MPEG de compression – décompression,
 15 dans sa portion compression ; ce signal contient l'essentiel des informations vidéo du signal vidéo entrant dans cette portion compression du système de compression – décompression, qui comporte comme indiqué ci-dessus un filtre *DCT* effectuant la transformation de Fourier et un ensemble de compression – décompression constitué successivement par un quantificateur adaptatif, un codeur *RLC* et un codeur de Huffman.

20 La portion décompression du système MPEG de compression – décompression utilise en sens inverse les mêmes unités : codeur de Huffman, codeur *RLC*, quantificateur adaptatif (ces trois unités constituant l'ensemble de compression – décompression) et enfin filtre *DCT*, pour obtenir finalement un signal vidéo numérique décompressé qui permet
 25 d'afficher une image vidéo assez voisine de l'image initiale, dont le signal vidéo numérique représentatif a été compressé dans la portion compression du système.

On voit donc que, dans le système MPEG de compression – décompression, la portion de compression et la portion de décompression aux deux extrémités d'une chaîne de transmission (au sens large) ou d'enregistrement et de lecture doivent répondre impérativement à la même norme, à savoir la norme MPEG 1 ou MPEG 2.

30 Un des inconvénients d'un tel système MPEG est que, dans l'image obtenue après décompression, on retrouve des parasites visuels dans les zones de contact entre les 8 x 8 blocs en lesquels a été décomposée l'image initiale (effet de blocs).

La mise en œuvre des normes ou standards JPEG et MPEG 1 ou MPEG 2, avec les unités correspondantes précitées, est décrite plus complètement dans le « Product Catalog » de fall (automne) 1994 de C-Cube Microsystems à Milpitas Californie, USA.

Un autre système de compression – décompression plus récemment proposé utilise, au lieu de la transformée de Fourier classique, plus précisément de sa composante réelle en cosinus, un autre type de transformée, à savoir celle en ondelettes.

Pour ce faire, on introduit, dans la transformée de Fourier, la notion de localisation et, au lieu de comparer la totalité du signal à traiter (en particulier du signal vidéo numérique à compresser) à des sinusoides de longueur infinie de toutes les fréquences possibles, l'amplitude associée à chacune des fréquences représentant l'importance respective de l'onde sinusoidale de cette fréquence dans la décomposition du signal traité (cas de la transformée de Fourier classique), on introduit (dans le cas de la transformée en ondelettes) une fenêtre temporelle de taille fixe qui délimite l'intervalle d'analyse et on compare, à l'intérieur de cette fenêtre, le signal à décomposer à un signal oscillant dont on fait varier la fréquence ; il suffit alors de faire glisser la fenêtre sur toute la durée du signal à décomposer pour effectuer une analyse complète de celui-ci.

L'analyse par ondelettes, qui applique donc une méthode temps – fréquence, est décrite, par exemple, dans un article intitulé « L'analyse par ondelettes » par Yves Meyer, Stéphane Saffard et Olivier Rioul dans la revue « Science » de septembre 1987 (n° 119), pages 28 à 37, dans un article intitulé « Les ondelettes : une alternative à l'analyse de Fourier » par Philippe Corvisier dans la revue « Électronique » d'avril 1997 (n° 69), pages 47 à 50 et dans le volume 1999 (sic) de la « Science au présent » publié en automne 1998 par Encyclopædia Universalis, pages 258 à 270.

La société américaine « Analog Devices » a réalisé un système de compression – décompression de signaux vidéo numériques qui, dans une première phase, réalise le codage des signaux vidéo numériques à traiter en mettant en œuvre l'analyse par ondelettes dans un filtre à ondelettes qui constitue la première unité du système (précédée éventuellement, à savoir dans le cas où le signal à compresser n'est pas déjà du type Y, Cb, Cr , par une unité préliminaire de conversion du signal vidéo numérique en signal du type Y, Cb, Cr , ces trois symboles représentant, de manière classique, la composante luminance, la composante de chrominance bleue, moins luminance, et la composante de chrominance rouge, moins luminance, respectivement du signal vidéo couleur), et, dans une seconde phase, réalise la compression des signaux codés dans la première phase, au moyen d'un

ensemble de compression – décompression (à quantificateur adaptatif, codeur *RLC* et codeur de Huffman) du même type que celui mis en œuvre dans les systèmes MPEG.

Un tel système de compression – décompression de la société « Analog Devices », qui est désigné « ADV 601 », est décrit dans un article intitulé « Un circuit de compression vidéo utilisant les ondelettes » par Patrick Butler dans la revue « Électronique » d'avril 1997 (n° 69), pages 51 à 59 (à la suite de l'article précité de Philippe Corvisier).

Un tel système « ADV 601 » est illustré (en ce qui concerne le traitement du signal vidéo, essentiellement décrit ici) sur la figure 1 annexée, qui distingue la portion supérieure de compression *PC* et la portion inférieure de décompression *PD*, et il comporte, pour compresser un signal vidéo numérique de type *Y*, *Cb*, *Cr* et pour décompresser un signal ainsi compressé, successivement en série de gauche à droite pour la compression et de droite à gauche pour la décompression :

1. Un filtre à ondelettes *FO* de conversion ou codage, qui est basé sur la transformée en ondelettes bi-orthogonales 7-9, au moyen de filtres passe-haut *PH* (à 7 prises) et de filtres passe-bas *PB* (à 9 prises) disposés en arbre ou cascade (figure 2), la transformation s'effectuant trame par trame du signal vidéo numérique d'entrée à compresser, désigné *VN*, en *Y*, *Cb*, *Cr*. On obtient ainsi 14 images à trois composants *Y*, *Cb*, *Cr*, soit 42 sous-images, à savoir 14 pour la luminance, 14 pour la couleur bleue et 14 pour la couleur rouge. En désignant par *X* et *Y* les coordonnées cartésiennes, on voit que l'arbre de filtres passe-bas et passe-haut, qui comporte également des « décimateurs » *DE*, supprimant la moitié de l'information, soit en *X*, soit en *Y* (comme indiqué sur la figure 2), fournit des signaux qui mettent en œuvre un diagramme de Mallat à 14 cases ou blocs *A*, *B*, *C*, ..., *M*, *N* (figure 3). Sur la figure 2 on a illustré les cinq étages, dans lesquels l'échelle est divisée par 4 (deux en *X* et deux en *Y*), avec les blocs *A*, *B*, *C*, ..., *M*, *N* correspondant aux blocs du diagramme de Mallat, ainsi que la coordonnée, *X* ou *Y*, traitée par chaque filtre *PB(X)*, *PB(Y)*, *PH(X)*, *PH(Y)* et chaque décimateur *DE* de suppression de la moitié (indiquée par le chiffre 2).

On notera que le filtre à ondelettes *FO* ne réalise aucune compression, mais seulement une conversion du signal vidéo numérique d'entrée *VN* en un signal de sortie *VM* à 42 sous-images correspondant aux 14 blocs *A*, *B*, *C*, ..., *M*, *N* du diagramme de Mallat pour les 3 composantes *Y*, *Cb*, *Cr* ($42 = 14 \times 3$). Le signal de sortie *VM* du filtre à ondelettes *FO* est donc constitué par une succession de mosaïques d'images.

Dans sa portion de reconversion (ou décodage), le filtre à ondelettes *FO* effectue, non une véritable décompression, mais une conversion des 42 sous-images de Mallat en un signal vidéo numérique de sortie décompressé *VD*.

2. Un ensemble de compression – décompression *ECD* qui, dans la partie compression *PC*, réalise une véritable compression et, dans la partie décompression *PD*, une véritable décompression.

Cet ensemble *ECD*, qui reçoit, dans sa portion compression, le signal *VM*, du type à mosaïque d'images, à 42 sous-images, type Mallat, issu de la portion conversion du filtre à ondelettes *FO*, débite en sortie le signal numérique compressé *NC* qui renferme toutes les caractéristiques essentielles du signal vidéo numérique d'entre *VN* de l'ADV 601, la compression résultant de la suppression de la majorité des signaux binaires (bits) ayant une valeur déterminée (la valeur « zéro ») parmi les deux valeurs possibles (« zéro » et « un ») de tels signaux.

L'ensemble de compression – décompression *ECD* (figure 1) de l'ADV 601 est constitué de manière analogue à l'ensemble de compression – décompression d'un système MPEG décrit ci-dessus, c'est-à-dire comprend :

- a) un quantificateur adaptatif *QA* qui reçoit le signal *VM* précité sortant du filtre à ondelettes *FO* et en déduit 42 valeurs (pour les 42 sous-images et donc les 14 blocs du diagramme de Mallat, chacun avec les trois composantes *Y*, *Cb*, *Cr*) ; ce quantificateur *QA* comprend 42 quantificateurs élémentaires, optimaux pour ces 42 sous-images, c'est-à-dire pour chaque trame vidéo, le calcul des quantificateurs étant effectué par un processeur particulier de type connu (non représenté) pendant la période de retour vertical de trame ; il ne résulte un signal *VM'*, disponible en sortie du quantificateur *QA* ;

- b) un codeur *CL* de type *RLC* (zéro Run-Length-Coding) qui code, comme dans les systèmes MPEG, les signaux successifs d'entrée (*VM'* dans ce cas) pour leur attribuer un signal binaire de sortie *VM''* à 8 bits, dont les quatre premiers représentent le nombre de « 0 » consécutifs et les quatre derniers indiquent le nombre de bits significatifs après cette série de « 0 » consécutifs ; et

- c) un codeur *CH*, du type codeur de Huffman, qui, comme dans un système MPEG, attribue, à chaque bloc de 8 bits du signal *VM''* en provenance du codeur *CL*, un numéro de code à nombre réduit de bits, notamment pour les blocs les plus usuels, le signal de sortie *NC* du codeur *CH* constituant la sortie compression de l'ensemble de compres-

sion – décompression *ECD* et en définitive celui de l'ADV 601, après d'éventuelles adaptations.

Sur la figure 1, on a représenté par des flèches en trait plein, de la gauche vers la droite, la progression des signaux (*VN*, *VM*, *VM'*, *VM''*, *NC*) dans la portion compression
 5 *PC* et par des flèches en traits interrompus, de la droite vers la gauche, la progression des signaux (*NC*₁, *VM''*₁, *VM'*₁, *VM*₁, *VD*) dans la portion de décompression *PD*.

La décompression d'un signal numérique compressé *NC*₁, qui s'effectue en sens inverse de la compression d'un signal vidéo numérique d'entrée *VN*, est effectuée successivement par les unités *CH*, *CL*, *QA*, puis *FO*, de l'ADV 601, dans leur fonctionnement en
 10 inverse, comme expliqué dans l'article précité de Patrick Butler.

Un dispositif analogue à l'ADV 601 a été réalisé par la société française VisioWave et annoncé dans la revue française « Electronique International » du 15 octobre 1998, page 42.

La présente invention vise à perfectionner les systèmes antérieurs, type JPEG,
 15 MPEG et ADV 601 afin de réduire encore plus la largeur de bande passante du signal numérique compressé et/ou d'améliorer la qualité de l'image qu'on peut obtenir à partir de ce signal compressé lorsqu'on la compare à l'image correspondante représentée par le signal vidéo numérique avant compression.

L'invention met en œuvre, comme l'ADV 601, un filtre à ondelettes et un ensemble
 20 de compression – décompression, comportant en particulier un quantificateur adaptatif, un codeur *RLC* et un codeur de Huffman, mais, au lieu de traiter, dans la voie ou portion de compression de cet ensemble, la sortie du filtre à ondelettes, qui réalise le codage en une première phase de traitement, elle fait subir au signal sortant du filtre à ondelettes un traitement de codage supplémentaire, par mise en œuvre du procédé et du dispositif de localisa-
 25 tion d'une zone en mouvement relatif dans une scène observée et de détermination de la vitesse et de la direction orientée du déplacement faisant l'objet de la demande de brevet français déposée le 26 juillet 1996 et publiée sous le n° 2.751.772 et dans la demande de brevet international PCT publiée sous le n° WO 98-05002 et déposée le 22 juillet 1997 en invoquant la priorité de ladite demande de brevet français (demandes désignant le même
 30 inventeur que la présente demande), ce qui fournit à l'ensemble de compression – décompression, qui réalise la compression dans l'ADV 601, un signal ayant subi deux opérations de codage, donc différent de celui que reçoit cet ensemble dans un tel ADV 601.

En inverse, dans la voie ou portion de décompression, l'invention prévoit, en sortie décompression de l'ensemble de compression –décompression, un premier décodage du signal de sortie de cet ensemble, qui réalise l'opération inverse dudit traitement de codage supplémentaire réalisé dans la voie ou portion de compression par mise en œuvre des
5 demandes de brevet précitées, et débite à l'entrée inverse du filtre à ondelettes le signal ayant subi ce premier décodage.

D'un autre coté, la demande de brevet international précitée mentionne, avec référence à sa figure 22, qu'on peut utiliser un composant du type ADV 601, en relation avec un diagramme de Mallat, pour prendre en compte une plus large gamme des vitesses de
10 déplacement d'une zone en déplacement relatif dans une scène observée, zone qu'on détermine et dont on apprécie la direction orientée et la vitesse de déplacement selon cette demande de brevet international, et à cet effet ladite demande propose de réaliser une compression en ne traitant que les images partielles du diagramme de Mallat obtenues au moyen d'une unité ADV 601 complète disposée à l'entrée du dispositif selon ladite
15 demande.

On voit donc que, dans le cadre de la disposition selon la figure 22 de la demande de brevet international précitée, le composant ADV 601 est utilisé tel quel, dans sa totalité, pour réaliser la compression, avec obtention d'un diagramme de Mallat, d'un signal numérique représentatif, pixel par pixel, d'une vitesse de déplacement d'une zone dans une
20 scène observée lorsque cette vitesse est très élevée, afin de réduire le nombre de bits de ce signal nécessaires pour représenter une telle vitesse très élevée.

On notera que, dans ce qui suit, l'expression « ensemble de compression – décompression » désigne normalement un ensemble apte à réaliser, en direct, la compression de signaux numériques à compresser et, en inverse, la décompression de signaux numériques
25 à décompresser, notamment dans un système de compression de signaux vidéo numériques et de décompression de signaux numériques compressés dans la norme du système, notamment dans les applications de télécommunication, telles que vidéoconférences, visiophonie, dans lesquelles chaque terminal ou poste réalise la compression et la décompression, mais que, dans le cas où un poste ne réalise qu'une des deux opérations de compression ou de
30 décompression, cette expression « ensemble de compression – décompression » peut désigner un ensemble réalisant seulement une compression, par exemple dans le cas d'un poste d'enregistrement CDV, vidéo cassette ou autre support, ou au contraire un ensemble réalisant seulement une décompression, par exemple, dans le cas d'un appareil lecteur de

CDV, de bande magnétique dans un magnétoscope ou autre support. Ledit ensemble de compression et/ou de décompression peut être avantageusement constitué par un quantificateur adaptatif, un codeur de type *RCL* et un codeur de Huffman en série.

- Tenant compte de cet état de la technique, constitué par les systèmes JPEG, MPEG 1, MPEG 2, avec filtre à transformées de Fourier, d'une part, et par le composant ADV 601, avec filtre à ondelettes, y compris son application dans la demande de brevet international précitée, d'autre part, la présente invention vise à réaliser un système de compression – décompression effectuant, en compression, un codage supplémentaire de la sortie d'un filtre à ondelettes afin de substituer, aux signaux de sortie de ce filtre représentant des images et/ou les contours de la scène observée (à différentes définitions selon le diagramme de Mallat), des signaux numériques représentatifs des zones en mouvement, c'est-à-dire en déplacement, dans cette scène en cas de zones limitées en déplacement, tout en transmettant lesdits signaux de sortie du filtre à ondelettes sans modification
- 15 - si l'étendue des zones en déplacement est trop importante et correspond par exemple à un début de scène ou plus généralement de plan (au sens cinématographique) dans le signal vidéo numérique traité par ledit filtre à ondelettes, appelé ci-après simplement "début de séquence", ou
 - si la variation de valeur de certains pixels subit une modification notable entre deux trames successives, par exemple en cas de modification de l'éclairage de la scène observée.

On notera que le filtre à ondelettes de l'ADV 601 a pour effet de réaliser un codage simplificateur qui transmet essentiellement les contours des différentes parties d'une scène (contours d'un visage, d'un corps, d'un objet etc.), tandis que, dans le cadre de l'invention, ce codage est suivi par une opération de codage supplémentaire qui limite l'information transmise (à l'ensemble de compression – décompression) aux déplacements des contours, sauf en cas de début de séquence.

Dans sa plus grande généralité, l'invention consiste d'abord en un procédé de compression d'un signal vidéo numérique et de décompression d'un signal numérique compressé résultant d'une telle compression, caractérisé en ce qu'il comporte

- en ce qui concerne la compression, une opération de codage consistant à rechercher les déplacements et les modifications brusques des différents pixels correspondants, entre deux trames successives d'un signal numérique à coder d'entrée, représentatif d'une

succession de trames correspondantes dudit signal vidéo, constituées chacune par une succession de pixels, et à déduire, des dits déplacements et des dites modifications brusques, un signal codé de sortie qui comprend, pour la séquence initiale et pour chacune des séquences suivantes du signal numérique qui commencent par une modification dans
 5 l'image vidéo représentée par le dit signal vidéo numérique, dans une trame donnée par rapport à la trame précédente,

d'une part, en début de séquence, ainsi que pour les pixels brusquement modifiés en valeur, au moins ladite trame ou lesdits pixels du dit signal numérique à coder d'entrée, sans modification, et

10 d'autre part, pendant toute la durée de la séquence jusqu'au début de la séquence suivante, une succession de paquets de bits de correction, représentatifs, pour chaque pixel d'une trame, de l'existence, respectivement de la non-existence, d'un déplacement de celui-ci entre la trame impliquée et la trame précédente, et dans le premier cas de l'amplitude quantifiée et de la direction orientée quantifiée du déplacement ; et

15 - en ce qui concerne la décompression, une opération de décodage consistant à décoder un signal numérique à décoder d'entrée, constitué par un signal codé résultant de la dite opération de codage, c'est-à-dire comportant pour chaque séquence au moins une première trame de signal numérique, non modifiée par ladite opération de codage, suivie par une succession de paquets de bits de correction, avec des pixels non modifiés, en un signal
 20 décodé de sortie, dans lequel a été rétablie la succession de trames correspondantes du signal numérique avant codage dans ladite opération de codage et qui est constitué par ladite première trame de signal numérique suivie par une succession de trames déduites de ladite première trame par rétablissement en position des pixels ayant subi un déplacement, en fonction du paquet de bits de correction correspondants.

25 De préférence la dite opération de codage consiste, en ce qui concerne la recherche de déplacements et des modifications brusques des pixels, à faire subir au dit signal numérique à coder d'entrée, trame par trame,

- un traitement temporel, dans lequel on compare, pour chaque pixel, la valeur de celui-ci à sa valeur juste antérieure, lissée au moyen d'une « constante de temps »
 30 qu'on fait évaluer au cours du temps pour optimiser le lissage, afin de déterminer deux paramètres, significatifs de la variation temporelle de valeur du pixel, paramètres variables dans le temps et représentés par deux signaux numériques, à savoir un premier signal binaire *DP*, dont une première valeur représente le dépassement d'un

seuil déterminé par ladite variation et une seconde valeur le non-dépassement de ce seuil par ladite variation, et un second signal numérique *CO*, à nombre réduit de bits, représentatif de la valeur instantanée, pour ledit pixel, de ladite constante de temps,

• un traitement spatial des valeurs, pour une trame donnée, desdits deux signaux numériques *DP* et *CO* pour déterminer les pixels en déplacement pour lesquels à la fois ledit premier signal *DP* présente ladite première valeur représentative de dépassement dudit seuil et ledit second signal *CO* varie d'une manière significative entre pixels voisins,

• un traitement pour déduire, pour lesdits pixels en déplacement, l'amplitude et la direction orientée de celui-ci,

• un traitement pour reconstituer ledit signal d'entrée par rétablissement en position des pixels ayant subi un déplacement, et

• un traitement de comparaison entre ledit signal numérique à coder d'entrée et ledit signal reconstitué pour déterminer les modifications.

De préférence la dite opération de décodage consiste à faire circuler ledit signal numérique codé d'entrée en une boucle, dont la durée de parcours par ledit signal est égal à la durée d'une trame de ce signal, à faire défiler ledit signal, au cours de son parcours de ladite boucle, à travers une matrice de positions de pixels dont le nombre de rangées, d'une part, et le nombre de colonnes, d'autre part, est au moins égal à $2n+1$, en désignant par n le nombre de niveaux de quantification de l'amplitude du déplacement, l'introduction du dit signal dans ladite boucle ayant lieu en une position centrale de ladite matrice, à ramener, après défilement de ladite première trame de chaque séquence, dans ladite position centrale un pixel dudit signal, en défilement dans la dite matrice, qui a subi un déplacement entre la trame impliquée et la trame précédente, en fonction du paquet de bits de correction relatif à ce pixel, pour rétablir ainsi les trames successives des séquences telles qu'elles étaient avant leur codage dans l'opération de codage, et à extraire de la dite boucle, en une position située en aval, dans le sens du défilement, de ladite position centrale, les trames successives ainsi rétablies.

Avantageusement ladite opération de codage est effectuée entre une opération de codage préliminaire, constituée par une analyse par ondelettes qui code un signal vidéo numérique d'entrée en un signal numérique à mosaïques d'images successives, qui constitue le signal d'entrée pour ladite opération de codage, et une opération de compression d'un flot de signaux binaires pour obtenir la réduction du nombre des signaux

binaires dans ledit signal de sortie de ladite opération de codage, par suppression de la majorité des signaux binaires dudit flot ayant une valeur déterminée parmi les deux valeurs possibles de tels signaux.

Avantageusement ladite opération de décodage est prévue entre une opération de
 5 décompression de signaux binaires compressés qui reconstitue le flot de signaux binaires correspondant avant suppression, dans ladite opération de compression, de la majorité des signaux binaires ayant une valeur déterminée, et une opération de décodage final, inverse d'une analyse par ondelettes, qui reconstitue, à partir d'une succession de signaux du type à mosaïques d'images, un signal vidéo numérique formé par une succession de trames,
 10 constituées chacune par une succession de pixels.

Dans sa plus grande généralité, l'invention consiste ensuite en un dispositif de compression d'un signal vidéo numérique et de décompression d'un signal numérique compressé résultant d'une telle compression, caractérisé en ce qu'il comporte

- en ce qui concerne la compression, un ensemble de codage comportant des moyens
 15 pour rechercher les déplacements et les modifications brusques des différents pixels correspondants, entre deux trames successives d'un signal numérique à coder d'entrée, représentatif d'une succession de trames correspondantes dudit signal vidéo, constituées chacune par une succession de pixels, et à déduire desdits déplacements et desdites modifications brusques, un signal codé de sortie qui comprend, pour la séquence initiale et
 20 pour chacune des séquences suivantes du signal numérique qui commencent par une modification dans l'image vidéo représentée par le dit signal vidéo numérique, dans une trame donnée par rapport à la trame précédente,

d'une part, en début de séquence, ainsi que pour les pixels brusquements modifiés en valeur, au moins ladite trame ou lesdits pixels du dit signal numérique à coder d'entrée,
 25 sans modification, et

d'autre part, pendant toute la durée de la séquence jusqu'au début de la séquence suivante, une succession de paquets de bits de correction, représentatifs, pour chaque pixel d'une trame, de l'existence, respectivement de la non-existence, d'un déplacement de celui-ci entre la trame impliquée et la trame précédente, et dans le premier cas de l'amplitude
 30 quantifiée et de la direction orientée quantifiée du déplacement ; et

- en ce qui concerne la décompression, un ensemble de décodage pour décoder un signal numérique à décoder d'entrée, constitué par un signal codé résultant de la dite opération de codage, c'est-à-dire comportant pour chaque séquence au moins une première trame de

signal numérique, non modifiée par ladite opération de codage, suivie par une succession de paquets de bits de correction, avec des pixels non modifiés, en un signal décodé de sortie, dans lequel a été rétablie la succession de trames correspondantes du signal numérique avant codage dans ladite opération de codage et qui est constitué par ladite

5 première trame de signal numérique suivie par une succession de trames déduites de ladite première trame par rétablissement en position des pixels ayant subi un déplacement, en fonction du paquet de bits de correction correspondants.

- De préférence ledit ensemble de codage, qui reçoit, en entrée, ledit signal numérique à coder d'entrée, comprend, pour traiter, trame par trame de chaque séquence,
- 10 ledit signal et rechercher les déplacements et les modifications brusques des pixels :
- des moyens pour réaliser sur celui-ci un traitement temporel, dans lequel on compare, pour chaque pixel, la valeur de celui-ci à sa valeur juste antérieure, lissée au moyen d'une « constante de temps » qu'on fait évaluer au cours du temps pour optimiser le lissage, afin de déterminer deux paramètres, significatifs de la variation temporelle de valeur du pixel,
- 15 paramètres variables dans le temps et représentés par deux signaux numériques, à savoir un premier signal binaire *DP*, dont une première valeur représente le dépassement d'un seuil déterminé par ladite variation et une seconde valeur le non-dépassement de ce seuil par ladite variation, et un second signal numérique *CO*, à nombre réduit de bits, représentatif de la valeur instantanée, pour ledit pixel, de ladite constante de temps,
- 20 des moyens pour réaliser un traitement spatial des valeurs, pour une trame donnée, desdits deux signaux numériques *DP* et *CO* pour déterminer les pixels en déplacement pour lesquels à la fois ledit premier signal *DP* présente ladite première valeur représentative de dépassement dudit seuil et ledit second signal *CO* varie d'une manière significative entre pixels voisins,
- 25 des moyens pour déduire, pour lesdits pixels en déplacement, l'amplitude et la direction orientée de celui-ci,
- des moyens pour reconstituer ledit signal d'entrée par rétablissement en position des pixels ayant subi un déplacement, et
- des moyens de comparaison entre ledit signal numérique à coder d'entrée et ledit signal
- 30 reconstitué pour déterminer les modifications.

De préférence ledit ensemble de décodage comprend des moyens pour faire circuler ledit signal numérique codé d'entrée en une boucle, dont la durée de parcours par ledit signal est égal à la durée d'une trame de ce signal, des moyens pour faire défiler ledit

signal, au cours de son parcours de ladite boucle, à travers une matrice de positions de pixels dont le nombre de rangées, d'une part, et le nombre de colonnes, d'autre part, est au moins égal à $2n+1$, en désignant par n le nombre de niveaux de quantification de l'amplitude du déplacement, l'introduction du dit signal dans ladite boucle ayant lieu en
 5 une position centrale de ladite matrice, des moyens pour ramener, après défilement de ladite première trame de chaque séquence, dans ladite position centrale un pixel dudit signal, en défilement dans la dite matrice, qui a subi un déplacement entre la trame impliquée et la trame précédente, en fonction du paquet de bits de correction relatif à ce pixel, pour rétablir ainsi les trames successives des séquences telles qu'elles étaient avant
 10 leur codage dans l'opération de codage, et des moyens pour extraire de la dite boucle, en une position située en aval, dans le sens du défilement, de ladite position centrale, les trames successives ainsi rétablies.

Avantageusement ledit ensemble de codage est disposé entre un ensemble de codage préliminaire, constitué par un filtre à ondelettes, qui code un signal vidéo
 15 numérique d'entrée en un signal numérique à mosaïques d'images successives, qui constitue le signal d'entrée pour ladite opération de codage, et un ensemble de compression d'un flot de signaux binaires pour obtenir la réduction du nombre des signaux binaires dans ledit signal de sortie de ladite opération de codage, par suppression de la majorité des signaux binaires dudit flot ayant une valeur déterminée parmi les deux valeurs possibles de
 20 tels signaux.

Avantageusement ledit ensemble de décodage est disposé entre un ensemble de décompression de signaux binaires compressés qui reconstitue le flot de signaux binaires correspondant avant suppression, dans le dit ensemble de compression, de la majorité des signaux binaires ayant une valeur déterminée, et un ensemble de décodage constitué par un
 25 filtre à ondelettes fonctionnant en inverse, qui reconstitue, à partir d'ondelettes représentant sous la forme de mosaïques d'images un signal vidéo numérique, ledit signal vidéo numérique.

Sous un autre aspect, l'invention a pour objet :

- un procédé de compression d'un signal vidéo numérique formé par une succession de
 30 trames correspondantes, constituées chacune par une succession de pixels,

qui comprend une opération de codage préliminaire dudit signal vidéo utilisant une analyse par ondelettes, qui favorise la transmissions des contours des images successives représentées par ledit signal, pour obtenir une succession de signaux numériques codés

codant ledit signal sous la forme d'une succession de mosaïques d'images, et une opération de compression d'un flot de signaux binaires pour obtenir la réduction du nombre des signaux binaires par suppression de la majorité des signaux binaires dans ledit flot ayant une valeur déterminée parmi les deux valeurs possibles de tels signaux, et

5 qui est caractérisé en ce qu'il comprend, en outre, au moins en ce qui concerne la composante de luminance dans ledit signal vidéo, une opération de codage supplémentaire, appliquée à la succession de signaux numériques codés à mosaïque d'images résultant de ladite opération de codage préliminaire, qui est sensible aux déplacements des contours dans lesdites images successives et qui consiste, pour chaque pixel d'une trame,

- 10 • à déduire, de ladite succession de signaux codés à mosaïque d'images, un paquet de signaux binaires représentatifs d'un déplacement ou d'un non-déplacement du pixel entre la trame impliquée et les trames antérieures, ainsi que de l'amplitude et de la direction orientée du déplacement, s'il y a déplacement,
- à rétablir en position le pixel s'il a subi un déplacement,
- 15 • à vérifier si le pixel rétabli en position en cas de déplacement est en conformité ou en non-conformité avec le pixel correspondant de la trame impliquée,
- à mémoriser le résultat de cette vérification, et
- à transférer à ladite opération de compression soit ledit paquet de signaux représentatifs en cas de conformité soit le signal codé à mosaïque d'images provenant
- 20 de ladite opération de codage préliminaire en cas de non-conformité;

- un dispositif de compression d'un signal vidéo numérique formé par une succession de trames correspondantes, constituées chacune par une succession de pixels,

qui comprend au moins un filtre à ondelettes de codage préliminaire dudit signal vidéo numérique réalisant une analyse par ondelettes, qui favorise la transmissions des contours

25 des images successives représentées par ledit signal, pour obtenir une succession de signaux numériques codés codant ledit signal sous la forme d'une succession de mosaïques d'images, et un ensemble de compression d'un flot de signaux binaires pour obtenir la réduction du nombre des signaux binaires par suppression de la majorité des signaux binaires dudit flot ayant une valeur déterminée parmi les deux valeurs possibles de tels

30 signaux, et

qui est caractérisé en ce qu'il comprend, en outre, au moins en ce qui concerne la composante de luminance dans ledit signal vidéo, un ensemble de codage supplémentaire, dont l'entrée est connectée à la sortie du dit filtre à ondelettes et dont la sortie est

connectée à l'entrée du dit ensemble de compression, cet ensemble étant sensible aux déplacements des contours dans lesdites images successives représentées par ladite succession de signaux codés à mosaïque d'images reçus en entrée et comprenant, pour traiter chaque pixel d'une trame,

- 5
 - des moyens pour déduire, de ladite succession de signaux codés à mosaïque d'images, un paquet de signaux binaires représentatifs d'un déplacement ou d'un non-déplacement du pixel entre la trame impliquée et les trames antérieures, ainsi que de l'amplitude et de la direction orientée du déplacement s'il y a déplacement,
 - des moyens pour rétablir en position le pixel s'il a subi un déplacement,
- 10
 - des moyens pour vérifier si le pixel rétabli en position en cas de déplacement est en conformité ou en non-conformité avec le pixel correspondant de la trame impliquée,
 - des moyens pour mémoriser le résultat de cette vérification, et
 - des moyens pour transférer au dit ensemble de compression soit ledit paquet de signaux représentatifs en cas de conformité soit le signal codé à mosaïque d'images
- 15
 - provenant dudit filtre à ondelettes en cas de non-conformité;
 - et corrélativement
- un procédé de décompression d'un flot de signaux binaires compressés résultant de la mise en œuvre du procédé de compression du type précisé ci-dessus, afin de reconstituer sensiblement le signal vidéo numérique compressé formé par une succession de trames
- 20
 - correspondantes, constituées chacune par une succession de pixels,
 - qui comprend une opération de décompression desdits signaux binaires compressés qui reconstitue ledit flot de signaux binaires avant suppression, dans ladite opération de compression, de la majorité des signaux binaires ayant une valeur déterminée, et une opération de décodage final reconstituant, à partir d'une succession de signaux du type à
 - 25
 - mosaïques d'images, un signal vidéo numérique formé par une succession de trames, constituées chacune par une succession de pixels, et
 - qui est caractérisé en ce qu'il comprend, en outre, une opération de décodage préliminaire qui est appliquée au dit flot de signaux binaires décompressés reconstitué et qui, à partir dudit flot de signaux binaires décompressés reçu
- 30
 - fait initialement circuler en une boucle, à partir d'une position d'entrée sur cette boucle, un signal, dudit flot, du type à mosaïque d'images correspondant à une première trame du signal vidéo à reconstituer et résultant de ladite opération de décompression.

- repositionne, dans ladite boucle, les pixels ayant subi un déplacement signalé par un groupe de signaux numériques représentant, dans ledit flot de signaux binaires reconstitué, l'amplitude et la direction orientée du déplacement, résultant également de ladite opération de décompression,

- 5 • remplace les signaux du type à mosaïque d'image en circulation dans ladite boucle par les nouveaux signaux de ce type lorsqu'ils se présentent,
- transmet à l'opération de décodage final, à partir d'une position de sortie sur cette boucle située en aval de la dite position d'entrée, les signaux du type à mosaïque d'images circulant dans la boucle, après repositionnement éventuel ;

10 et

- un dispositif de décompression d'un flot de signaux binaires compressés résultant de la mise en œuvre du dispositif de compression du type précisé ci-dessus, afin de reconstituer sensiblement le signal vidéo numérique compressé formé par une succession de trames correspondantes, constituées chacune par une succession de pixels,

- 15 qui comprend un ensemble de décompression desdits signaux binaires compressés qui reconstitue ledit flot de signaux binaires avant suppression, dans ledit ensemble de compression, de la majorité des signaux binaires ayant une valeur déterminée, et un ensemble de décodage constitué par un filtre à ondelettes fonctionnant en inverse, qui reconstitue, à partir d'ondelettes représentant sous la forme de mosaïques d'images un
- 20 signal vidéo numérique, ledit signal vidéo numérique, et

qui est caractérisé en ce qu'il comprend, en outre, un ensemble de décodage préliminaire, dont l'entrée est connectée à la sortie dudit ensemble de décompression et dont la sortie est connectée à l'entrée inverse dudit filtre à ondelettes, qui comporte

- une boucle dont l'entrée reçoit, dudit ensemble de décompression, ledit flot de
- 25 signaux binaires reconstitué, qui débute par un signal du type à mosaïque d'images correspondant à une première trame du signal vidéo à reconstituer et qui circule sous la forme d'un signal du type à mosaïque d'images, la durée de parcours de ladite boucle par le dit signal étant égale à la durée d'une trame du signal vidéo à reconstituer,
- des moyens pour repositionner, dans ladite boucle, les pixels ayant subi un
- 30 déplacement signalé par un groupe de signaux numériques qui représentent, dans ledit flot de signaux numériques reconstitué, l'amplitude et la direction du déplacement,
- des moyens pour remplacer les signaux du type à mosaïque d'image en circulation dans la boucle par les nouveaux signaux de ce type lorsqu'ils se présentent, et

- des moyens pour transmettre à l'opération de décodage final, à partir d'une sortie en aval de la dite entrée, les signaux du type à mosaïque d'images circulant dans la boucle, après repositionnement éventuel.

L'invention a encore pour objet un procédé de codage supplémentaire de données numériques résultant d'une opération de codage préliminaire qui effectue une analyse par ondelettes d'au moins la composante luminance d'un signal vidéo numérique représentatif d'une succession de trames correspondantes, constituées chacune par une succession de pixels, en favorisant la transmission des contours dans ladite succession de trames, pour obtenir une succession de signaux codés représentatifs de trames composites à mosaïques d'images, ledit procédé, qui est sensible aux déplacements desdits contours dans ladite succession de trames composites et a pour effet de permettre une compression plus poussée d'un flot de signaux binaires dans une opération ultérieure de compression réduisant le nombre de signaux binaires par suppression de la majorité des signaux binaires, dans ledit flot, ayant une valeur déterminée parmi les deux valeurs possibles de tels signaux, étant caractérisé en ce qu'il consiste, pour chaque pixel d'une trame,

- à déduire, de ladite succession de signaux codés à mosaïque d'images, un paquet de signaux binaires représentatifs d'un déplacement ou d'un non-déplacement du pixel entre la trame impliquée et les trames antérieures, ainsi que de l'amplitude et de la direction orientée du déplacement s'il y a déplacement,
- à rétablir en position le pixel s'il a subi un déplacement,
- à vérifier si le pixel rétabli en position en cas de déplacement est en conformité ou en non-conformité avec le pixel correspondant de la trame impliquée,
- à mémoriser le résultat de cette vérification, et
- à transférer à ladite opération de compression soit ledit paquet de signaux représentatifs en cas de conformité soit le signal codé à mosaïque d'images provenant de ladite opération de codage préliminaire en cas de non-conformité;

De préférence on déduit, dans le procédé de codage supplémentaire cité en dernier lieu et dans l'opération de codage supplémentaire précitée, ledit paquet de signaux binaires à partir de ladite succession de signaux codés à mosaïque d'image en effectuant successivement, trame par trame,

- un traitement temporel, dans lequel on compare, pour chaque pixel, la valeur de celui-ci à sa valeur juste antérieure, lissée au moyen d'une « constante de temps » qu'on fait évoluer au cours du temps pour optimiser le lissage, afin de déterminer deux

paramètres, significatifs de la variation temporelle de valeur du pixel, paramètres variables dans le temps et représentés par deux signaux numériques, à savoir un premier signal binaire *DP*, dont une première valeur représente le dépassement d'un seuil déterminé par ladite variation et une seconde valeur le non-dépassement de ce seuil par ladite variation, et un second signal numérique *CO*, à nombre réduit de bits,

• un traitement spatial des valeurs, pour une trame donnée, desdits deux signaux numériques *DP* et *CO* pour déterminer les pixels en déplacement pour lesquels à la fois ledit premier signal *DP* présente ladite première valeur représentative de dépassement dudit seuil et ledit second signal *CO* varie d'une manière significative entre pixels voisins, et

• un traitement pour déduire, pour lesdits pixels en déplacement, l'amplitude et la direction orientée de celui-ci.

Corrélativement l'invention a également pour objet un procédé de décodage préliminaire de données numériques apte à traiter un flot de signaux binaires en provenance d'une opération de décompression de données consistant à restituer, à partir du flot de signaux binaires compressés résultant de la mise en œuvre du procédé de compression du type précisé ci-dessus, le flot de signaux binaires avant suppression, dans l'opération de compression précisée ci-dessus, de la majorité des signaux binaires ayant une valeur numérique déterminée, et à fournir, à une opération de décodage final rétablissant, à partir d'une succession de signaux à mosaïques d'images un signal vidéo numérique formé par une succession de trames, constituées chacune par une succession de pixels, caractérisé en ce que, à partir du flot de signaux binaires décompressés reçu, il consiste à

• faire initialement circuler en une boucle, à partir d'une position d'entrée sur cette boucle, un signal, dudit flot, du type à mosaïque d'images correspondant à une première trame du signal vidéo à reconstituer et résultant de ladite opération de décompression, la durée de parcours de ladite boucle par ledit flot étant égale à la durée d'une trame du signal vidéo à reconstituer

• repositionner, dans ladite boucle, les pixels ayant subi un déplacement signalé par un groupe de signaux numériques représentant, dans ledit flot de signaux numériques reconstitué, l'amplitude et la direction orientée du déplacement,

- remplacer les signaux à mosaïque d'images en circulation dans ladite boucle pour les nouveaux signaux de ce type lorsqu'ils se présentent, et
- transmettre à l'opération de décodage final, à partir d'une position de sortie sur cette boucle située en aval de la dite position d'entrée, les signaux à mosaïques d'images circulant dans la boucle, après repositionnement éventuel.

De préférence ledit paquet de signaux numériques mis en œuvre, pour chaque pixel, dans les opérations et les ensembles de compression et de décompression selon l'invention comprend quatre groupes de signaux, le premier étant constitué par un seul signal binaire dont l'une des deux valeurs possibles représente une modification d'ensemble des images entre une trame et la trame précédente et l'autre valeur une non-modification d'ensemble, le deuxième étant également constitué par un seul signal binaire dont l'une des deux valeurs possible représente un déplacement pour le pixel et l'autre valeur un non-déplacement et dont les deux autres groupes sont constitués par des signaux numériques à petit nombre de bits et représentent l'un l'amplitude quantifiée et l'autre la direction orientée quantifiée du déplacement lorsqu'il existe .

Dans ce cas, avantageusement :

- la dite opération de codage supplémentaire comprend la détermination, pour chaque pixel d'une trame, d'un paquet de quatre groupes de signaux du type précité, d'une part, en comparant la valeur du pixel dans la trame en cours de traitement et dans les trames antérieures pour déterminer s'il y a déplacement, donc la première valeur pour le signal binaire dudit deuxième groupe, ou non-déplacement, donc la deuxième valeur pour ce signal binaire, et pour déterminer, en cas de déplacement, l'amplitude et la direction orientée quantifiées du déplacement, donc la valeur des signaux dans lesdits autres groupes, ces signaux ayant tous deux la valeur nulle en cas de non-déplacement du pixel, et, d'autre part, en comparant les valeurs d'un pixel en une position prédéterminée dans une trame avec celle du pixel en même position dans la trame juste antérieure et en vérifiant si la différence entre ces deux valeurs, en valeur absolue dépasse ou non un seuil prédéterminé, ce qui détermine la valeur, parmi les deux valeurs possibles, du signal binaire dudit premier groupe ;

- tandis que ladite opération de décodage préliminaire consiste
 - à faire normalement circuler, en ladite boucle, initialement un signal numérique décompressé du type une succession de signaux à mosaïque d'images se présentant en entrée et représentant une trame du signal vidéo numérique à reconstituer, lorsqu'elle

se présente, et ceci sans modification jusqu'à l'arrivée d'un paquet subséquent de quatre groupes de signaux numériques du type précité qui signalent un déplacement pour une partie des pixels,

- à restaurer, dans la trame circulant en boucle, la position des pixels pour lesquels un déplacement est signalé par la valeur du signal dudit deuxième groupe, cette restauration en position étant déterminé par les valeurs desdits deux autres groupes de signaux binaires dudit paquet indiquant l'amplitude et la direction orientée du déplacement, et ceci jusqu'à l'arrivée d'une nouvelle trame de signaux numériques à mosaïque d'images,

- à recommencer sur cette nouvelle trame les opérations successives de circulation en boucle et de restauration en position des pixels ayant subi un déplacement, et
- à extraire, à l'aval de l'entrée, pour les transférer à ladite opération de décodage final, les signaux circulant dans la dite boucle, qui sont constitués, en aval de cette entrée, uniquement par des signaux à mosaïque d'images.

De préférence, pour ladite opération de décodage supplémentaire, on prévoit, dans ladite boucle une matrice carrée dont le nombre impair de lignes et le nombre de colonnes sont inférieurs respectivement au nombre de lignes et au nombre de colonnes d'une trame des signaux vidéos à reconstituer, ces deux nombres étant supérieurs d'au moins une unité au nombre de niveaux de quantification de ladite amplitude du déplacement, et à travers laquelle circulent les signaux en provenance de ladite opération de décompression, et on réalise la restauration en position des pixels ayant subi un déplacement en effectuant pour ceux-ci, dans ladite matrice, une translation en sens inverse dont l'amplitude et la direction orientée quantifiées sont indiquées par les valeurs numériques desdits deux autres groupes de signaux.

L'invention a également pour objet un dispositif de codage supplémentaire de données numériques, débités en sortie par un filtre à ondelettes de codage préliminaire recevant en entrée au moins la composante de luminance d'un signal vidéo numérique représentatif d'une succession de trames correspondantes, constituées chacune par une succession de pixels, en favorisant la transmission des contours dans ladite succession de trames, pour obtenir une succession de signaux codés représentatifs de trames composites à mosaïque d'images, ledit dispositif, qui est sensible aux déplacements desdits contours dans ladite succession de trames composites et a pour effet de permettre une compression plus poussée d'un flot de signaux binaires dans un ensemble de compression réduisant le

nombre de signaux binaires par suppression de la majorité des signaux binaires, dans ledit flot, ayant une valeur déterminée parmi les deux valeurs possibles de tels signaux, étant caractérisé en ce qu'il comporte en combinaison :

- a) des moyens pour coder lesdits signaux numériques, pixel par pixel, en fonction de la variation de valeur de chaque pixel entre la trame traitée et les trames antérieures en mettant en œuvre pour chaque pixel, un bloc de quatre signaux numériques dont
 - le premier, qui est un signal binaire, représente, par ses deux valeurs possibles, soit la nécessité de correction d'ensemble soit la non-nécessité d'une telle correction,
 - le deuxième, qui est également un signal binaire, apparaît uniquement lorsque ledit premier signal représente la non-nécessité de correction d'ensemble et il représente alors, par ses deux valeurs possibles, soit un déplacement soit un non-déplacement, et
 - les deux autres, qui sont deux signaux numériques à nombre réduit de bits, apparaissent uniquement lorsque ledit premier signal représente la non-nécessité de correction et il représentent alors l'un l'amplitude et l'autre la direction orientée quantifiées du déplacement dans une zone de la trame composite impliquée ;
- b) des moyens pour déterminer si la proportion, dans chaque trame successive, du nombre de pixels pour lesquels ledit premier signal binaire a la valeur représentative d'une nécessité de correction par rapport au nombre total de pixels dans la trame, dépasse un pourcentage déterminé ; et
- c) des moyens pour transmettre, trame par trame, au dit ensemble de compression finale
 - si ledit pourcentage n'est pas dépassé : ledit bloc de quatre signaux relatif au pixel concerné,
 - si ledit pourcentage est dépassé : le signal numérique codé débité par ledit filtre à ondelettes relatif au pixel concerné dans une trame antérieure.

De préférence ledit dispositif de codage supplémentaire est caractérisée en ce que les dits moyens pour coder les dits signaux numériques comportent

- des moyens de traitement temporel dans lequel on compare, pour chaque pixel, la valeur de celui-ci à sa valeur juste antérieure, lissée au moyen d'une « constante de temps » qu'on fait évoluer au cours du temps pour optimiser le lissage, afin de déterminer deux paramètres, significatifs de la variation temporelle de valeur du pixel, paramètres variables dans le temps et représentés par deux signaux numériques, à savoir un premier signal binaire *DP*, dont une première valeur représente le

dépassement d'un seuil déterminé par ladite variation et une seconde valeur le non-dépassement de ce seuil par ladite variation, et un second signal numérique *CO*, à nombre réduit de bits, représentatif de la valeur instantanée, pour ledit pixel, de ladite constante de temps,

- 5 • des moyens de traitement spatial des valeurs, pour une trame donnée, desdits deux signaux numériques *DP* et *CO* pour déterminer les pixels en déplacement pour lesquels à la fois ledit premier signal *DP* présente ladite première valeur représentative de dépassement dudit seuil et ledit second signal *CO* varie d'une manière significative entre pixels voisins, et
- 10 • des moyens pour déduire, pour lesdits pixels en déplacement, d'une part, ladite première valeur, représentative d'un déplacement, pour ledit deuxième signal binaire et, d'autre part, les valeurs numériques des dits deux autres groupes numériques parmi lesdits quatre groupes de signaux numériques, en cas de déplacement.

Corrélativement l'invention a aussi pour objet un dispositif de décodage prélimi-
 15 naire de données numériques, apte à traiter un flot de signaux binaires, reçus en entrée à partir d'un ensemble de décompression de données et constitués par la décompression de signaux ayant subi une compression, du type précisé ci-dessus, par suppression de la majorité des signaux binaires ayant une valeur numérique déterminée, pour débiter en sortie, pour traitement dans un filtre à ondelettes fonctionnant en inverse, un signal vidéo numé-
 20 rique formé par une succession de trames, constituées et caractérisé en ce qu'il comprend, pour traiter le flot de signaux numériques reçus en entrée à partir dudit ensemble de décompression, un ensemble de décodage en déplacement apte à restituer, sur l'entrée décodage dudit filtre à ondelettes fonctionnant en inverse, une succession de signaux décodés en déplacement, mais codés en trames composites.

25 De préférence ledit ensemble de décodage en déplacement comprend en combinaison :

- des moyens pour faire normalement circuler, en une boucle, une trame des signaux numériques représentatif d'une trame de signaux composites à mosaïque d'images constituant le début d'un plan, se présentant en entrée, tant que les deux signaux bi-
 30 naires représentent simultanément une absence de correction et une absence de mouvement, la durée de parcours de ladite boucle étant égale à la durée d'une trame,
- des moyens pour substituer, dans ladite boucle, à au moins un pixel de cette trame en circulation, une nouvelle valeur de pixel, au cas où ledit deuxième signal binaire de

correction indique la nécessité d'une correction, pour ledit au moins un pixel, cette nouvelle valeur résultant d'une remise en position du pixel ayant subi un déplacement dont l'amplitude et la direction orientée quantifiées sont indiquées par lesdits deux autres signaux dudit paquet de quatre signaux,

- 5 • des moyens pour effectuer, dans une matrice carrée, dont le nombre impair de lignes et de colonnes est plus petit que le nombre de lignes et de colonnes d'une trame, ces deux nombres étant supérieurs d'au moins une unité au nombre de niveaux de quantification de ladite amplitude de déplacement, et à travers laquelle circulent lesdits signaux composites à mosaïque d'images, au cas où ledit premier signal binaire de correction
- 10 indique une absence de correction tandis que ledit deuxième signal binaire de déplacement indique un déplacement, une opération de translation des pixels en déplacement dans ladite matrice depuis leur position jusqu'à la position centrale de pixel à l'intérieur ladite matrice, et
- des moyens pour extraire les signaux circulant dans ladite boucle, en aval de l'entrée
- 15 dans ladite boucle, et qui sont constitués par des signaux du type à mosaïque d'images.

L'invention concerne également :

- un procédé intégré de compression de données comportant le procédé précité de codage supplémentaire appliqué aux signaux résultant d'une opération d'analyse par ondelettes effectuant un codage préliminaire, avant l'application d'une opération de compression
- 20 finale aux signaux résultant du dit procédé précité de codage supplémentaire;
- un dispositif intégré de compression de données comportant le dispositif précité de codage supplémentaire entre un filtre à ondelettes et un ensemble de compression finale ;
- un procédé intégré de décompression de données comportant le procédé précité de
- 25 décompression supplémentaire, appliqué aux signaux de sortie d'une opération de décompression initiale avant l'alimentation d'une opération d'analyse par ondelettes fonctionnant en inverse ; et
- un dispositif intégré de décompression de données comportant le dispositif précité de
- 30 décompression supplémentaire entre un ensemble de décompression initiale et un filtre à ondelettes fonctionnant en inverse.

Les procédés de compression et de décompression, d'une part, et les dispositifs de compression et de décompression, d'autre part, peuvent être intégrés entre eux.

De ce fait l'invention a, en outre, pour objet un procédé tant de compression d'un signal vidéo numérique formé par une succession de trames correspondantes, constituées chacune par une succession de pixels, que de décompression de signaux numériques compressés par un tel procédé de compression, ce procédé de compression et de

5 décompression, qui comprend,

- pour la compression, une opération de codage préliminaire dudit signal vidéo utilisant une analyse par ondelettes, qui favorise la transmissions des contours des images successives représentées par ledit signal, pour obtenir une succession de signaux numériques codés codant ledit signal sous la forme d'une succession de mosaïques

10

d'images, et une opération de compression d'un flot de signaux binaires pour obtenir la réduction du nombre des signaux binaires par suppression de la majorité des signaux binaires dans ledit flot ayant une valeur déterminée parmi les deux valeurs possibles de tels signaux, et

- et pour la décompression, une opération de décompression desdits signaux binaires compressés qui reconstitue ledit flot de signaux binaires avant suppression, dans ladite

15

opération de compression, de la majorité des signaux binaires ayant une valeur déterminée, et une opération de décodage final reconstituant, à partir d'une succession de signaux du type à mosaïques d'images, un signal vidéo numérique formé par une succession de trames, constituées chacune par une succession de pixels, et

20

et qui est caractérisé en ce que,

- pour la compression, il comprend, en outre, au moins en ce qui concerne la composante de luminance dans ledit signal vidéo, une opération de codage supplémentaire, appliquée à la succession de signaux numériques codés à mosaïque d'images résultant de ladite opération de codage préliminaire, qui est sensible aux déplacements des contours dans lesdites images successives et qui consiste, pour chaque pixel d'une

25

- à déduire, de ladite succession de signaux codés à mosaïque d'images, un paquet de signaux binaires représentatifs d'un déplacement ou d'un non-déplacement du pixel entre la trame impliquée et les trames antérieures, ainsi que de l'amplitude et de la direction orientée du déplacement, s'il y a déplacement,

30

- à rétablir en position le pixel s'il a subi un déplacement,
- à vérifier si le pixel rétabli en position en cas de déplacement est en conformité ou en non-conformité avec le pixel correspondant de la trame impliquée,

- à mémoriser le résultat de cette vérification, et
 - à transférer à ladite opération de compression soit ledit paquet de signaux représentatifs en cas de conformité soit le signal codé à mosaïque d'images provenant de ladite opération de codage préliminaire en cas de non-conformité ;
- 5 - et pour la décompression, il comprend, en outre une opération de décodage préliminaire qui est appliquée au dit flot de signaux binaires décompressés reconstitué et qui, à partir dudit flot de signaux binaires décompressés reçu
- fait initialement circuler en une boucle, à partir d'une position d'entrée sur cette boucle, un signal, dudit flot, du type à mosaïque d'images correspondant à une
- 10 première trame du signal vidéo à reconstituer et résultant de ladite opération de décompression.
- repositionne, dans ladite boucle, les pixels ayant subi un déplacement signalé par un groupe de signaux numériques représentant, dans ledit flot de signaux binaires reconstitué, l'amplitude et la direction orientée du déplacement, résultant également de
- 15 ladite opération de décompression,
- remplace les signaux du type à mosaïque d'image en circulation dans ladite boucle par les nouveaux signaux de ce type lorsqu'ils se présentent,
- transmet à l'opération de décodage final, à partir d'une position de sortie sur cette boucle située en aval de la dite position d'entrée, les signaux du type à mosaïque
- 20 d'images circulant dans la boucle, après repositionnement éventuel .
- Avantageusement on effectue
- pour la compression
- le codage préliminaire de la succession des signaux vidéo numériques à compresser en une succession de signaux numériques codés correspondant au balayage, dans
- 25 chaque trame, du diagramme de Mallat et constituant la mosaïque d'images, au moyen d'un filtre à ondelettes,
- la compression finale, au moyen d'un ensemble de compression – décompression, à quantificateur adaptatif, codeur type *RCL* et codeur *CH*, type codeur de Huffman, fonctionnant en compression,
- 30 - et, pour la décompression,
- la décompression, au moyen dudit ensemble de compression – décompression fonctionnant en décompression,
 - le décodage, au moyen dudit filtre à ondelettes fonctionnant en inverse.

De préférence :

- dans la compression, on réalise l'opération de codage préliminaire de la succession de signaux numériques codés résultant du balayage d'une trame composite à mosaïque d'images en réalisant successivement sur cette succession, trame par trame,
 - 5 • un traitement temporel, dans lequel on compare, pour chaque pixel, la valeur de celui-ci à sa valeur juste antérieure, lissée au moyen d'une « constante de temps » qu'on fait évoluer au cours du temps pour optimiser le lissage, afin de déterminer deux paramètres, significatifs de la variation temporelle de valeur du pixel, paramètres variables dans le temps et représentés par deux signaux numériques, à savoir
 - 10 un premier signal binaire *DP*, dont une première valeur représente le dépassement d'un seuil déterminé par ladite variation et le second le non-dépassement de ce seuil par ladite variation, et un second signal numérique *CO*, à nombre réduit de bits, représentatif de la valeur instantanée, pour ledit pixel, de ladite constante de temps,
 - 15 • un traitement spatial des valeurs, pour une trame donnée, desdits deux signaux numériques représentatifs des paramètres *DP* et *CO* pour déterminer les pixels en déplacement pour lesquels à la fois ledit premier signal *DP* présente ladite première valeur représentative de dépassement et ledit second signal *CO* varie d'une manière significative entre pixels voisins, et
 - 20 • on déduit, pour lesdits pixels en déplacement, d'une part, ladite première valeur, représentative d'un déplacement, pour ledit autre signal binaire et, d'autre part, les valeurs numériques des deux groupes numériques, parmi lesdits quatre groupes de signaux numériques ;
 - et dans la décompression, on réalise la décompression finale de la succession de
 - 25 signaux numériques en provenance de l'opération de décompression initiale, pour obtenir une succession de signaux numériques correspondant au balayage d'une trame composite à mosaïque d'images par un traitement consistant
 - à faire normalement circuler, en une boucle, une trame desdits signaux numériques en provenance de l'opération de décompression initiale, tant que les deux signaux
 - 30 binaires représentent simultanément une absence de correction et une absence de mouvement,

- à substituer, dans ladite boucle, à cette trame en circulation, une nouvelle trame qui arrive de ladite opération de décompression initiale, au cas où le signal binaire de correction indique la nécessité d'une correction,
- à effectuer, dans une matrice carrée, dont le nombre impair de lignes et de colonnes est plus petit que le nombre de lignes et de colonnes d'une trame, ces deux nombres étant supérieurs d'au moins une unité au nombre de niveaux de quantification de ladite amplitude du déplacement, et à travers laquelle circulent lesdits signaux décompressés, au cas où ledit signal binaire de correction indique une absence de correction tandis que ledit autre signal binaire de déplacement indique un déplacement, une opération de translation des pixels en déplacement dans ladite matrice depuis leur position jusqu'à la position centrale de pixel à l'intérieur de ladite matrice, et
- à effectuer une extraction des signaux circulant dans ladite boucle en aval de l'entrée des signaux en provenance de ladite opération de décompression initiale.

L'invention a également pour objet un dispositif tant de compression d'un signal vidéo numérique formé par une succession de trames correspondantes, constituées chacune par une succession de pixels, que de décompression de signaux numériques compressés dans un dispositif de ce type fonctionnant en compression, ce dispositif de compression et de décompression comprenant :

- pour la compression, au moins un filtre à ondelettes de codage préliminaire dudit signal vidéo numérique réalisant une analyse par ondelettes, qui favorise la transmissions des contours des images successives représentées par ledit signal, pour obtenir une succession de signaux numériques codés codant ledit signal sous la forme d'une succession de mosaïques d'images, et un ensemble de compression d'un flot de signaux binaires pour obtenir la réduction du nombre des signaux binaires par suppression de la majorité des signaux binaires dudit flot ayant une valeur déterminée parmi les deux valeurs possibles de tels signaux,
- et, pour la décompression, un ensemble de décompression desdits signaux binaires compressés qui reconstitue ledit flot de signaux binaires avant suppression, dans ledit ensemble de compression, de la majorité des signaux binaires ayant une valeur déterminée, et un ensemble de décodage constitué par un filtre à ondelettes fonctionnant en inverse, qui reconstitue, à partir d'ondelettes représentant sous la forme de mosaïques d'images un signal vidéo numérique, ledit signal vidéo numérique,

et caractérisé en ce que

- pour la compression, il comprend, en outre, au moins en ce qui concerne la composante de luminance dans ledit signal vidéo, un ensemble de codage supplémentaire, dont l'entrée est connectée à la sortie du dit filtre à ondelettes et dont la sortie est connectée à l'entrée du dit ensemble de compression, cet ensemble de codage supplémentaire étant sensible aux déplacements des contours dans lesdites images successives représentées par ladite succession de signaux codés à mosaïque d'images reçus en entrée et comprenant, pour traiter chaque pixel d'une trame,
 - des moyens pour déduire, de ladite succession de signaux codés à mosaïque d'images, un paquet de signaux binaires représentatifs d'un déplacement ou d'un non-déplacement du pixel entre la trame impliquée et les trames antérieures, ainsi que de l'amplitude et de la direction orientée quantifiées du déplacement s'il y a déplacement,
 - des moyens pour rétablir en position le pixel s'il a subi un déplacement,
 - des moyens pour vérifier si le pixel rétabli en position en cas de déplacement est en conformité ou en non-conformité avec le pixel correspondant de la trame impliquée,
 - des moyens pour mémoriser le résultat de cette vérification, et
 - des moyens pour transférer au dit ensemble de compression soit ledit paquet de signaux représentatifs en cas de conformité soit le signal codé à mosaïque d'images provenant du dit filtre à ondelettes en cas de non-conformité;
- et, pour la décompression, il comprend, en outre, un ensemble de décodage préliminaire dont l'entrée est connectée à la sortie dudit ensemble de décompression et dont la sortie est connectée à l'entrée inverse dudit filtre à ondelettes, qui comprend
 - une boucle dont l'entrée reçoit, dudit ensemble de décompression, ledit flot de signaux binaires reconstitué, qui débute par un signal du type à mosaïque d'images correspondant à une première trame du signal vidéo à reconstituer et qui circule sous la forme d'un signal du type à mosaïque d'images, la durée de parcours de ladite boucle par le dit signal étant égale à la durée d'une trame du signal vidéo à reconstituer,
 - des moyens pour repositionner, dans ladite boucle, les pixels ayant subi un déplacement signalé par un groupe de signaux numériques représentant, dans ledit flot de signaux numériques reconstitué, l'amplitude et la direction du déplacement,
 - des moyens pour remplacer les signaux du type à mosaïque d'image en circulation dans la boucle par les nouveaux signaux de ce type lorsqu'ils se présentent, et

- des moyens pour transmettre à l'opération de décodage final, à partir d'une sortie en aval de la dite entrée, les signaux du type à mosaïque d'images circulant dans la boucle, après repositionnement éventuel.

De préférence

- 5 - en compression ledit ensemble de codage supplémentaire comporte
 - des moyens de traitement temporel pour comparer, pour chaque pixel, la valeur de celui-ci à sa valeur juste antérieure, lissée au moyen d'une « constante de temps » qu'on fait évoluer au cours du temps pour optimiser le lissage, afin de déterminer deux paramètres, significatifs de la variation temporelle de la valeur du pixel,
 - 10 paramètres variables dans le temps et représentés par deux signaux numériques, à savoir un premier signal binaire *DP*, dont une première valeur représente le dépassement d'un seuil déterminé par ladite variation et la seconde valeur le non-dépassement de ce seuil par ladite variation, et un second signal numérique *CO*, à nombre réduit de bits, représentatif de la valeur instantanée, pour ledit pixel, de
 - 15 ladite constante de temps,
 - des moyens de traitement spatial des valeurs, pour une trame donnée, des signaux numériques représentatifs des paramètres *DP* et *CO*, pour déterminer les zones en déplacement dans lesquelles à la fois ledit premier signal *DP* présente ladite première valeur représentative de dépassement et ledit second signal *CO* varie d'une
 - 20 manière significative entre pixels voisins, ces deux traitements temporel et spatial étant réalisés comme décrit dans les demandes de brevet, française et internationale, précitées, et
 - des moyens pour déduire, desdites zones en déplacement, d'une part, ladite première valeur, représentative d'un déplacement, pour ledit deuxième signal binaire
 - 25 et, d'autre part, les valeurs numériques des deux groupes numériques parmi lesdits quatre groupes de signaux numériques ; et
- pour la décompression ledit ensemble de décodage préliminaire comporte
 - des moyens pour faire normalement circuler, en une boucle, une trame desdits signaux décompressés, mais codés, reçus de ladite portion de décompression dudit
 - 30 ensemble de compression – décompression tant que les deux signaux binaires représentent simultanément une absence de correction et une absence de mouvement,

- des moyens pour substituer, dans la boucle, à cette trame en circulation une nouvelle trame avec de nouvelles valeurs de pixels qui se présente, au cas où le signal binaire de correction indique la nécessité d'une correction, et
- des moyens pour effectuer, dans une matrice carrée, dont le nombre impair de lignes et de colonnes est plus petit que le nombre de lignes et de colonnes d'une trame, ces deux nombres étant supérieurs d'au moins une unité au nombre de niveaux de quantification de ladite amplitude du déplacement, et à travers laquelle circulent lesdits signaux décompressés, une opération de translation des pixels en déplacement dans ladite matrice de leur position vers la position centrale de pixel dans celle-ci, au cas où le signal binaire de correction indique une absence de correction tandis que le signal binaire de mouvement indique un déplacement.

Dans leurs modes de réalisation préférés

- en ce qui concerne le procédé, l'opération de codage supplémentaire comprend la reconstitution, à partir du signal résultant d'un tel codage, du signal à mosaïque d'images avant ce codage ayant subi l'analyse par ondelettes et la comparaison du signal reconstitué pour une trame avec le signal à mosaïque d'images avant ce codage pour la trame juste antérieure ;
- en ce qui concerne le dispositif, l'ensemble de codage supplémentaire comprend une unité pour reconstituer, à partir du signal ayant subi le codage supplémentaire, le signal à mosaïque d'images avant ce codage débité par le filtre à ondelettes et pour comparer le signal reconstitué pour une trame avec le signal à mosaïque d'images avant ce codage pour la trame juste antérieure.

L'invention couvre également séparément :

- d'une part, un procédé et un dispositif de compression d'une succession de signaux vidéo numériques, mettant en œuvre les dispositions précitées pour la compression, et
- d'autre part, un procédé et un dispositif de décompression d'une succession de signaux numériques, préalablement compressés par le procédé et le dispositif de compression susmentionnés et représentant une succession des signaux vidéo numériques, mettant en œuvre les dispositions précitées pour la décompression.

De ce fait l'invention a également pour objet :

- un procédé de compression seulement de signaux vidéo numériques, ne comportant que les opérations de compression dudit procédé tant de compression que de décompression ;

- un procédé de décompression seulement de signaux numériques compressés par un tel procédé de compression seulement, ne comportant que les opérations de décompression dudit procédé tant de compression que de décompression ;
- un dispositif de compression seulement de signaux vidéo numériques, ne comportant que les moyens de compression dudit dispositif tant de compression que de décompression ; et
- un dispositif de décompression seulement de signaux numériques, compressés par un tel dispositif de compression seulement, ne comportant que les moyens de décompression du dispositif tant de compression que de décompression.

Une telle séparation en deux dispositifs distincts, l'un pour la compression et l'autre pour la décompression, est réalisée dans certaines applications, telles que respectivement l'enregistrement et la lecture de signaux vidéo sur un support, du type laser-disc, CD-ROM, DVD, bande magnétique, disquette, disque dur, par exemple, le dispositif de compression étant utilisé pour l'enregistrement des signaux vidéo à compresser avant d'être enregistrés, en exigeant un emplacement plus réduit sur le support, tandis que le dispositif de décompression est utilisé pour la lecture d'un tel enregistrement compressé à partir d'un magnétoscope, un téléviseur, un ordinateur, un lecteur de laser-discs, CD-ROMs ou DVDs, bandes magnétiques, disquettes, disques durs, par exemple.

Par contre dans un système de visiophonie, en particulier de vidéoconférences ou sur le réseau Internet, avec utilisation de micro-caméras vidéo, on prévoit dans chaque poste d'émission – réception un dispositif complet de compression – décompression selon l'invention, plutôt que deux dispositifs distincts, l'un de compression et l'autre de décompression.

On va décrire maintenant un mode de réalisation préféré d'un dispositif de compression – décompression selon l'invention, mettant en œuvre le procédé selon l'invention et quelques applications particulières de ce procédé et ce dispositif, avec référence aux dessins annexés sur lesquels :

La figure 1 illustre schématiquement un dispositif de compression – décompression du type ADV 601 à filtre à ondelettes, constituant l'état de la technique.

La figure 2 illustre la structure connue en arbre du filtre à ondelettes du dispositif de la figure 1.

La figure 3 représente la disposition de la mosaïque d'images d'une trame composite, selon le diagramme de Mallat, disposition résultant de la mise en œuvre, dans sa portion de compression, du dispositif des figures 1 et 2, selon l'état de la technique.

5 La figure 4 illustre schématiquement un dispositif de compression – décompression selon l'invention.

La figure 5 représente, au moyen de blocs fonctionnels, l'unité de codage en déplacement ou mouvement de la portion compression du dispositif de la figure 4, unité qui réalise un codage supplémentaire des signaux débités par un filtre à ondelettes de type connu et traités ensuite dans la portion compression d'un ensemble de compression –
10 décompression de type connu.

La figure 6 représente, plus en détail, sous forme de blocs fonctionnels, ladite unité de codage du mouvement avec ses entrées et ses sorties, aussi que le filtre à ondelettes disposé en amont dans la voie de compression.

15 La figure 7 illustre, à titre de variante, un sous-ensemble qui peut être ajouté à l'unité de la figure 6.

La figure 8 est un organigramme du fonctionnement du montage de la figure 6 avec éventuellement celui de la figure 7.

Les figure 9 à 13 schématisent une unité pour réaliser le décodage en mouvement tant dans un des blocs du montage de la figure 6, que comme unité de décodage préliminaire en mouvement dans le dispositif de décompression,
20

- la figure 9 illustrant la circulation des signaux numériques, trame par trame, dans « l'unité centrale » de ladite unité de décodage, avec la matrice de traitement du mouvement,
- la figure 10 illustrant les diverses portes prévues dans cette unité centrale et les
25 positions de ces portes ;
- les figures 11 et 12 représentant la structure de deux de ces portes ; et
- la figure 13 illustrant le traitement d'un pixel.

La figure 14, qui est une contrepartie de la figure 6, illustre, également au moyen de blocs fonctionnels, l'unité de décodage en mouvement, disposée dans la portion de décompression du dispositif de la figure 4, unité recevant les signaux de la portion de décompression de l'ensemble de compression – décompression de type connu et débitant dans
30 l'entrée décodage du filtre à ondelettes.

La figure 15 illustre schématiquement l'application de l'invention à un système de visiophonie avec un dispositif de compression – décompression à chaque poste.

La figure 16 représente schématiquement un dispositif d'enregistrement sur un support d'enregistrement, dispositif d'enregistrement utilisant un dispositif de compression
5 selon l'invention.

La figure 17, enfin, représente un dispositif de lecture d'un support d'enregistrement ayant été enregistré par mise en œuvre du dispositif de la figure 16, ce dispositif de lecture comportant un dispositif de décompression selon l'invention.

Dans son mode de réalisation préféré, un dispositif selon l'invention, mettant en
10 œuvre le procédé selon l'invention, dans un système de compression – décompression, comprend, pour la voie ou portion de compression *CP* et pour la voie ou portion de décompression *DP*, un certain nombre d'unités fonctionnelles, représentées par des blocs rectangulaires sur la figure 4, à savoir :

- un filtre à ondelettes 11, fonctionnant en sens normal de codage dans sa voie de compression *CP* (portion supérieure de la figure 4) pour coder le signal vidéo numérique d'entrée *VN* à compresser et en sens inverse de décodage dans sa voie de décompression *DP* (portion inférieure de cette figure) pour débiter le signal vidéo numérique de sortie *VN₁* reconstitué, ces deux voies étant séparées par une ligne horizontale en traits interrompus sur la figure 4 ;
- 15 - une unité d'analyse et codage du mouvement 12A fonctionnant uniquement dans la voie de compression *CP* pour réaliser un codage supplémentaire des signaux en provenance dudit filtre à ondelettes ;
- une unité de décodage et reconstitution du mouvement 12B fonctionnant uniquement dans la voie de décompression *DP* pour réaliser une opération de décodage
25 préliminaire des données avant ledit filtre à ondelettes ; et
- un ensemble de compression – décompression 13, constitué par un quantificateur adaptatif 13a, un codeur *RLC* 13b et un codeur de Huffman 13c en série, ces trois unités 13a, 13b, 13c fonctionnant tant en sens direct dans la voie de compression *CP* (portion supérieure de la figure 4) pour réaliser une compression qu'en sens inverse dans la voie
30 de décompression *DP* (portion inférieure de la figure 4) pour réaliser une décompression.

Dans la voie de compression *CP*, les unités fonctionnelles 11, 12A, 13a, 13b, 13c sont connectées fonctionnellement dans cet ordre en série, comme illustré par les flèches

de la gauche vers la droite de la moitié supérieure de la figure 4, tandis que dans la voie de décompression *DP* les unités fonctionnelles *13c*, *13b*, *13a*, *12B*, *11* sont connectées fonctionnellement dans cet ordre en série, comme illustré par les flèches de la droite vers la gauche dans la moitié inférieure de cette figure.

5 L'ensemble de compression – décompression *13* débite finalement sur sa sortie compression *SC* un signal compressé *SIC* contenant l'essentiel des informations du signal d'entrée *VN*, tandis qu'il reçoit sur son entrée décompression *ED* un signal d'entrée *SIC₁* à décompresser en signal *VN₁*.

10 Les unités *11* et *13a*, *13b*, *13c* (ces trois dernières constituant l'ensemble de compression – décompression *13*) sont de types connus, comme décrites, par exemple, dans les deux articles précités du numéro 69 d'avril 1997 de la revue « Électronique » (pages 47 à 50 et 51 à 59 respectivement) et dans le « Product Catalog » précité de C-Cube Microsystems, dont les contenus sont incorporés ici par référence ; par contre les unités *12A* et *12B* sont originales (du moins en ce qui concerne son adaptation à la compression
15 de données pour l'unité *12A*).

On décrira donc ci-après en détail la structure et le fonctionnement de ces unités *12A* et *12B* et on reviendra sur le filtre à ondelettes *11* décrit ci-dessus avec référence aux figures 2 et 3 de l'état de la technique, du fait de son rôle dans la structure et le fonctionnement de l'ensemble du système de compression – décompression selon
20 l'invention, notamment en relation avec les unités *12A* et *12B*.

Dans la voie de compression *CP*, un filtre à ondelettes *11*, par exemple tel que décrit dans l'article précité de Patrick Butler dans « Électronique » n°69 aux pages 51 à 59, reçoit sur son entrée compression *14*, par exemple à partir de la sortie d'une caméra vidéo, imageur MOS ou un *CCD* 15, la succession de signaux vidéo numériques *VN* à
25 compresser, représentant de manière classique, une succession de trames comportant chacune une succession de lignes formées chacune par une succession de pixels ou points-images (telle que débitée par une caméra vidéo numérique ou autre dispositif de conversion d'images en signaux numériques de type vidéo, illustré en 15).

On désignera ci-après par « trames » les différents types de trames vidéo, qu'elles
30 appartiennent à un signal vidéo numérique à deux trames entrelacées par image (et dans ce cas on ne tiendra compte que des trames correspondantes successives, paires ou impaires), ou à un signal vidéo numérique à une trame unique par image.

Grâce à des filtres passe-bas et passe-haut et à des « décimateurs » selon la figure 2, ce filtre à ondelettes 11, en réponse au signal vidéo numérique VN d'entrée, débite, sur sa sortie compression 16, pour chaque trame, un signal codé VM décomposé selon le diagramme de Mallat selon la figure 3 et représentatif des informations contenues dans le signal vidéo numérique d'entrée VN pour cette trame, comme expliqué avec référence aux figures 2 et 3, organisé en une succession de trames comportant chacune une succession de lignes formées chacune par une succession de pixels.

Dans la voie de décompression DP , le filtre à ondelettes 11, qui fonctionne en inverse, à la manière connue, reçoit, sur son entrée décompression 17, un signal VM_1 codé selon le diagramme de Mallat et débite, sur sa sortie décompression 18, un signal décodé VN_1 qui constitue le signal de sortie du dispositif de la figure 4 dans sa voie de décompression DP , c'est-à-dire un signal vidéo numérique reconstitué, apte à être visualisé sur l'écran d'un moniteur vidéo, d'un poste de télévision ou analogue, ou enregistré par un enregistreur sur un support approprié (par exemple sur la bande magnétique d'une cassette vidéo au moyen d'un magnétoscope classique, sur CD, CD-ROM ou DVD). Le rectangle 19 représente un tel moniteur, enregistreur ou analogue.

Le filtre à ondelettes 11, constitué de manière connue, réalise dans sa voie de compression une décomposition en ondelettes du signal d'entrée VN ; une telle décomposition constitue une alternative améliorée de la décomposition dans les systèmes MPEG par transformée de Fourier dans le cas du traitement des signaux vidéo numériques, qui sont des signaux non stationnaires à large bande.

Il comprend des filtres compacts passe-bas et passe-haut à réponse impulsionnelle finie, comme illustré sur la figure 2, sur laquelle on a représenté un arbre ou cascade de tels filtres à savoir $PH(X)$ passe-haut en X , $PB(X)$ passe-bas en X , $PH(Y)$ passe-haut en Y et $PB(Y)$ passe-bas en Y et de supprimeurs de la moitié des sorties de ces filtres, ces supprimeurs étant référencés soit $X/2$ pour la division par 2, avec suppression, en X aux sorties des filtres en X , soit $Y/2$ pour la division par 2, avec suppression, en Y aux sorties des filtres en Y , les paramètres X et Y étant les coordonnées orthogonales des deux dimensions de l'image dans le plan de représentation des signaux vidéo numériques.

Les diviseurs $X/2$ et $Y/2$, réalisant la suppression de la moitié de l'information reçue et donc conservation seulement de la moitié des échantillons reçus, sont généralement appelés « décimateurs », référencés DE .

Sur la figure 2, illustrant l'essentiel de la structure du filtre à ondelettes 11, l'entrée VN est constituée par les trois composantes Y , Cb et Cr , à savoir de luminance, de couleur bleue (moins luminance) et de couleur rouge (moins luminance), respectivement, du signal vidéo numérique à trames successives de même nature, tandis que les sorties A , B , C , D , E ,
 5 F , G , H , I , J , K , L , M , N correspondent aux blocs de même dénomination du diagramme de Mallat de la figure 3, sur laquelle ces blocs sont des portions d'image de taille décroissante par échelons représentant chacun l'image totale Z du signal vidéo numérique VN , mais avec des définitions différentes, décroissant de A à N .

Les composantes précitées Y , Cb et Cr sont traitées en parallèle successivement,
 10 trame après trame, par l'arbre des filtres : il en résulte, pour chacune de ces trois composantes, 14 sous-images pour les 14 blocs ou zones A , $B...M$, N , soit au total $14 \times 3 = 42$ sous-images, à la place de l'image totale Z . En d'autres termes l'image totale Z , avec ses trois composantes Y , Cb , Cr , est décomposé en 42 sous-images qui résultent de l'association des trois composantes Y , Cb , Cr de chacun des 14 blocs. L'image originale,
 15 réduite après filtrages et décimations successives, est localisée dans chaque bloc, en particulier dans le bloc N , avec des définitions décroissantes par échelons de A à N .

On remarquera que le filtre à ondelettes 11, illustré sur la figure 2, ne réalise qu'un codage, par décomposition de chacune des 3 composantes précitées en 14 sous-images A , $B...M$, N selon le diagramme de Mallat de la figure 3, sans aucune compression du total
 20 des bits des signaux vidéo numériques mis en œuvre, le nombre de pixels utilisés pour représenter les 14 zones ou blocs A , $B...M$, N étant identiques à celui que comprenait l'image originale Z et donc le signal vidéo numérique d'entrée VN , pour chaque composante Y , Cb et Cr .

Si aucune compression d'information n'a encore eu lieu, l'information de l'image
 25 totale Z a été transféré dans les zones à fortes variations, c'est-à-dire les contours, transformée en 14 sous-images A à N pour chaque composante représentant une multirésolution ; ainsi il est possible de traiter de manière privilégiée les contours des formes présentes dans l'image (telles qu'une personne, un visage, un animal, un objet), les zones unies de l'image, à l'intérieur des contours, étant représentées par des valeurs nulles
 30 (« zéros » dans le signal numérique de sortie VM (figure 4) en code binaire, constitué par une succession de « zéros » et de « uns »). C'est la représentation numérique, correspondant au diagramme de Mallat (à la place de la représentation numérique de l'image totale Z par le signal vidéo numérique d'entrée VN du dispositif des figures 1 et 4,

et donc du filtre à ondelettes 11) qui constitue le signal de sortie VM du filtre à ondelettes 11 et donc l'entrée de l'unité 12A:

La sortie codée par le filtre à ondelettes 11, comportant en tout 42 blocs, à savoir 14 blocs pour chacune des 3 composantes Y , Cb , Cr , c'est-à-dire le signal VM (figure 4), est appliquée à l'entrée 20 d'une unité d'analyse et de codage du mouvement 12A qui comporte essentiellement (figure 5) quatre ensembles fonctionnels, à savoir un ensemble de calcul du mouvement 21, un ensemble 22 d'unités de retard, un ensemble de validation des pixels 23a et un ensemble de référence 23b rassemblant les résultats des diverses opérations de traitement du flot de signaux vidéo numériques, tandis que la sortie 24 de l'unité 12A est connectée à l'entrée compression 25 de l'ensemble de compression - décompression 13 pour transmettre à celle-ci le signal de sortie VP de l'unité d'analyse et de compression du mouvement 12A.

Les ensembles 21 et 22 reçoivent en parallèle, sur leur entrée commune 20, le signal VM débité par le filtre à ondelettes 11 pour être traité dans l'unité d'analyse et de codage du mouvement 12A (ou 21-22-23a-23b), l'ensemble 23b de reconstitution de l'image type Mallat reçoit les signaux VQ en 23c et VM' en 23d et émet un signal VI en 23e fonction d'un signal d'erreur Er , appliqué en 23f à partir de l'ensemble 23a et intégré en sortie au signal VP , et l'ensemble 23a reçoit les sorties des ensembles 21, 22, 23b, à savoir respectivement les signaux VQ , VM' et VI , respectivement sur ses entrées 28, 27 et 23g, et débite le signal VP' qui constitue la sortie, disponible en 24', de l'ensemble 23a et la sortie normale de ladite unité 12A et qui sera compressé dans l'ensemble 13 de la figure 4 ; en fait le signal VP' est constitué (comme explicité ci-dessous) soit par le signal VQ soit par le signal VM' , en fonction du signal VI reçu en 23g à partir de l'unité 23b, ce signal VI distinguant si la reconstruction du signal codé VQ résultant du traitement dans l'unité 21 est conforme au signal VQ , pour la trame juste antérieure, traité dans l'unité 23b pour reconstituer le signal VM en tant que VI .

Plus précisément l'unité 12A de la figure 5 effectue par son ensemble 21 un calcul du mouvement ou déplacement relatif dans l'image codée à 14 sous-images de A à N , représentée par signal VM , en débitant sur sa sortie 25 un signal VQ représentatif tant de la direction orientée, ou sens, du déplacement que de la vitesse, ou amplitude, de ce déplacement, pixel par pixel, dans ladite image, tandis que l'ensemble 22 applique une série de retards au signal VM afin d'obtenir sur sa sortie 26 essentiellement un signal VM' constitué par le signal VM retardé d'une durée égale à la durée de traitement dans

l'ensemble 21 (VM étant donc synchronisé avec VQ) tandis que de manière synchrone l'ensemble 23b débite le signal VI dépendant d'un signal d'entrée de commande ou d'erreur Er , les signaux VQ , VM' et VI , appliqués à l'unité 23a sur ses trois entrées 27, 28 et 23g, étant donc synchrones, c'est-à-dire que chaque pixel du signal d'origine VN retardé dans l'unité 22 et représenté dans le signal VM' arrive sur l'entrée 27 de l'ensemble 23a exactement en même temps que le même pixel de ce signal VN traité dans l'ensemble 21 et représenté dans le signal VQ arrive sur l'entrée 28 de cet ensemble 23 et que le signal VI arrive sur l'entrée 23g ; ce signal VI est représentatif de l'image mémorisée depuis les traitements antérieurs de reconstruction du déplacement des pixels en mouvement, dans l'unité 23b. L'unité 23a débite finalement en 24 un signal VP' constitué soit par le signal VQ représentatif du sens et de la vitesse de déplacement en cas de déplacement limité (par exemple pendant la durée d'une « séquence » ou « scène », sans changement de plan ou de séquence, du « film » représenté par la succession des trames dans le signal VN) soit par le signal VM' , qui est en fait le signal VM retardé sans modification, en cas de déplacement important (par exemple à l'occasion d'un changement de plan ou d'un début de séquence dans ledit « film »), le passage de la transmission, par l'unité 23a, de VQ à VM' étant commandé par le signal d'erreur Er en fonction de la conformité ou non des signaux synchrones VM et VI .

Par conséquent, au début de chaque séquence, la sortie 24 de l'unité d'analyse et de codage du mouvement 12A débite, comme signal VP , le signal VM arrivant en 20 depuis la sortie du filtre à ondelettes 15, mais retardé de la durée de traitement de VM dans 21, c'est-à-dire le signal VM' , tandis qu'ensuite, pendant tout le cours de cette séquence, en l'absence de changement de plan brusque, la sortie 24 débite, comme signal VP , le signal quantifié VQ qui représente, pour chaque pixel, la modification (limitée) de celui-ci, du fait d'un déplacement (limité), quantifiée en direction orientée ou sens et en vitesse ou amplitude du mouvement (à la suite d'un déplacement de personnage(s) ou d'objet(s), d'un travelling, d'un zooming, par exemple).

En fait le signal VQ est constitué (comme exposé ci-après), pour chaque portion de pixel, par une succession d'identificateurs $Ix, y, t + r$ de coordonnées cartésiennes x et y et à l'instant $t + r$, t étant l'instant d'arrivée du pixel de VM en 20 et r le retard entraîné par son traitement dans l'ensemble de calcul du mouvement 21, tandis que le signal VM' (qui correspond au signal VM provenant du filtre à ondelettes 11, retardé de r dans l'ensemble

22) est constitué par une succession de signaux de pixels $Px, y, t + r$ synchrones des identificateurs $Ix, y, t + r$.

La figure 6 illustre, plus en détail que la figure fonctionnelle 5, l'unité d'analyse et de codage du mouvement 12A de la figure 4 et permet de détailler les signaux I à 5 identificateurs et P à pixels.

Sur la figure 6 on a tout d'abord illustré le filtre à ondelettes 11 avec sa portion 11y, qui traite la composante luminance Y , ses portions 11r et 11b, qui traitent respectivement les composantes de couleur rouge Cr et bleue Cb , et son séquenceur vidéo 11c assurant - 10 grâce aux signaux SCZ et $HPix$, respectivement de séquencement (faisant partie, de manière classique, du signal vidéo) et d'horloge (provenant d'une horloge, non représentée, débitant des impulsions d'horloge à la cadence des pixels) - le synchronisme de traitement des trois composantes Y , Cr et Cb et la remise au format image, du flot de signaux vidéo numériques (trame, ligne, pixel).

On notera que l'on ne décrira que le traitement du signal d'image, et plus 15 particulièrement de sa composante Y , dans le cadre de l'invention, en ne s'occupant pas du signal audio.

Le signal composite VM des figures 4 et 5 est constitué en fait par ses trois composantes VMY , VMr et VMb , respectivement pour la luminance, la chrominance rouge et la chrominance bleue, débitées par les portions 11y, 11r et 11b respectivement du filtre à 20 ondelettes 11 (figure 6).

Seule la composante VMY arrive dans l'ensemble d'analyse et de calcul du mouvement 21, celui-ci étant constitué essentiellement comme décrit dans les demandes de brevet français et international précitées (dont le contenu est incorporé ici par référence) et comportant essentiellement une portion 21a de traitement temporel, une portion 21b de 25 traitement spatial (ces deux portions 21a et 21b étant effectivement comme décrit dans ces demandes de brevet) et une portion 21c d'analyse du traitement spatial déterminant en fonction de celui-ci une succession d'identificateurs $Ix, y, t + r$ qui correspondent à une succession de pixels $Px, y, t + r$, r étant la durée du traitement dans l'unité 21, c'est-à-dire le retard d'un pixel $Px, y, t + r$ sortant de cette unité par rapport au même pixel (de 30 coordonnées x, y) entrant dans cette unité, c'est-à-dire Px, y, t .

Comme exposé dans les deux demandes de brevet précitées, la première portion de traitement temporel 21a de l'ensemble d'analyse et de codage du mouvement 21 détermine, pour chaque pixel, deux paramètres DP et CO ,

- le premier *DP* étant un signal binaire, dont les deux valeurs possibles représentent respectivement une variation significative et une non-variation significative, dans le temps, de la valeur du pixel Px, y entre la trame traitée et la trame précédente du signal vidéo *VN* entrant dans le filtre à ondelettes 11 (figure 4), et donc dans la composante *VMY*, et
- le second *CO* étant un signal numérique à nombre réduit de bits représentatif de l'importance de cette variation (ce signal étant de valeur nulle en l'absence de variation).

Dans la deuxième portion de traitement spatial 21*b* de l'unité 21, les signaux *DP* et *CO* débités par la première portion de traitement temporel 21*a* de cette unité subissent un traitement qui consiste à repartir par roulement sur une matrice, de dimension réduite (en nombre de lignes et de colonnes) par rapport à celle d'une trame, ces deux signaux *DP* et *CO* pour une même trame qui défile à travers la matrice et à déduire, de cette répartition matricielle, des paramètres du mouvement relatif.

La troisième portion d'analyse du mouvement spatial 21*c* de l'unité 21 analyse les paramètres de mouvement issus de l'unité 21*b* pour en déduire l'existence d'un mouvement relatif et, en cas de mouvement, la grandeur et la direction orientée de ce mouvement, en mettant en œuvre les moyens des demandes de brevet précitées, et débite un identificateur $Ix, y, t + r$ qui indique, pour chaque pixel Px, y (de coordonnées x, y), s'il y a ou non mouvement limité et, en cas de mouvement limité, l'amplitude et la direction orientée de celui-ci et ceci à l'instant $t + r$, t étant l'instant d'arrivée du pixel dans le signal d'entrée *VMY* de l'unité 21 et r la durée du traitement dans celle-ci ; l'identificateur comporte également une identification de l'existence d'un mouvement d'ensemble important ou non (comme expliqué ci-après).

Comme indiqué dans les demandes de brevet précitées, l'ensemble 21, réalisé selon ces demandes de brevet, permet d'exprimer tant l'amplitude que la direction orientée du déplacement par un signal numérique comportant un nombre réduit de bits, la direction étant repérée selon le code de Freeman suivant 8 directions numérotées de 0 à 7, séparées chacune de la précédente par 45° , et donc représentable par un nombre à 3 bits ($2^3 = 8$, c'est-à-dire le nombre de directions).

Dans le cadre du mode de réalisation préféré de la présente demande de brevet, on peut également, à titre d'exemple préféré, représenter l'amplitude du mouvement ou déplacement au moyen de 8 paliers de quantification, donc également au moyen de 3 bits. La

multirésolution due à la décomposition en fenêtres dans le filtre à ondelettes 11 donne une échelle de mouvement plus grande que 3 bits ; en effet la décimation par 2 augmente d'autant la vitesse pour une même valeur de déplacement.

Dans ce cas, l'identificateur $I_{x,y,t+r}$ pour un pixel $P_{x,y}$ comprend un groupe \underline{c} de 3 bits d'amplitude quantifiée et un groupe \underline{d} de 3 bits de direction orientée quantifiée selon le code de Freeman ; ces 6 bits sont précédés par un bit, à savoir \underline{b} , qui indique soit qu'il y a mouvement significatif, attaché au pixel $P_{x,y}$ (donc que l'amplitude quantifiée est représentée par un groupe \underline{c} de 3 bits et la direction orientée quantifiée selon le code de Freeman par un groupe \underline{d} de 3 bits, soit qu'il n'y a pas de mouvement significatif attaché à ce pixel, les groupes \underline{c} et \underline{d} comportant alors chacun trois bits égaux à zéro, le bit \underline{b} ayant, par exemple, les valeurs « 1 » et « 0 » respectivement dans le cas de mouvement et dans le cas d'absence de mouvement.

Un bit préliminaire, à savoir \underline{a} , inséré ultérieurement dans le système, indique

- soit le début d'un changement de cadrage ou de scène (ou même le début de la première scène) ou la continuation d'une scène avec déplacements d'ensemble notables, lorsque, dans ces deux cas, la quantité de pixels modifiés est très grande, c'est-à-dire dépasse un seuil correspondant par exemple à la valeur maximale de DP , pour un pourcentage notable (par exemple 30 % ou 40 %) de pixels dans la trame,
- soit au contraire la continuation d'une scène avec variation limitée ou nulle de la position des pixels par rapport aux pixels mémorisés et déplacés de l'ensemble 23b et débités de manière synchrone en tant que signal VI , c'est-à-dire que l'amplitude de la modification des pixels ne dépasse pas ledit seuil,

la première possibilité étant représentée par « 1 » et la seconde par « 0 », par exemple.

Dans le cas où ce bit préliminaire \underline{a} est effectivement égal à 1, c'est à dire que l'information de mouvement n'est pas conforme, les groupes de bits suivant, \underline{b} , \underline{c} et \underline{d} , sont remplacés par le pixel $P_{x,y,t+r}$.

De ce fait un identificateur $I_{x,y,t+r}$ comporte, pour représenter chaque pixel, une codification de un ou quatre groupes de bits suivant respectivement que le premier groupe binaire \underline{a} est égal à « 1 » et indique un début de scène ou des déplacements d'ensemble notables et est suivi du pixel $P_{x,y,t+r}$ ou que ce premier groupe \underline{a} est égal à « 0 » et indique la continuation d'une scène (sans déplacements notables dans celle-ci), le deuxième groupe binaire \underline{b} indiquant s'il y a eu (« 1 ») ou non (« 0 ») déplacement ou

mouvement significatif, le troisième \underline{c} l'amplitude du déplacement et le quatrième \underline{d} la direction orientée du déplacement, lorsque $\underline{b} = 1$; l'identificateur I est donc alors du type $a | b | c | d |$, par exemple $0 | 1 | 011 | 101$, c'est-à-dire comporte 8 bits. On remarquera que, lorsque $\underline{b}=1$, \underline{c} peut être égal à $0 | 0 | 0$ pour le premier niveau de quantification de l'amplitude du déplacement et \underline{d} être égal à $0 | 0 | 0$ pour la première direction (suivant l'axe orienté 0X) du code de Freeman.

On notera la progression du nombre de zéros par cette disposition ; en effet seul les pixels en mouvement possèdent un identificateur avec \underline{b} , \underline{c} et \underline{d} non nuls (avec les deux exceptions mentionnées ci-dessus: \underline{c} est nul pour le premier degré de quantification de l'amplitude, quantifiée en 8 paliers de 000 à 111, et \underline{d} est nul pour la direction orientée 000 de Freeman, quantifiée également en 8 paliers, tandis que la conformité entre le mouvement calculé et le mouvement validé (c'est-à-dire en cas de correspondance entre la valeur VM mémorisée antérieurement et la valeur actuelle retardée VM') donne lieu à un bit nul \underline{b} , et donc à des groupes \underline{c} et \underline{d} constitués uniquement de « zéros », ce qui présente l'avantage d'augmenter le nombre de « zéros » consécutifs dans l'identificateur I par rapport au nombre de « zéros » dans la sortie du filtre par ondelettes 11, d'où une compression plus poussée dans l'ensemble de compression – décompression fonctionnant en compression en aval de l'unité 12A, car cet ensemble compresse d'autant plus qu'il y a une proportion élevée de zéros consécutifs en entrée.

Il résulte donc, de la présence de l'unité 12'A dans le dispositif selon l'invention, une compression plus grande, dans l'ensemble de compression – décompression fonctionnant en compression, de tous les pixels pour lesquels \underline{b} , \underline{c} et \underline{d} sont constitués uniquement de « zéros » (donc d'un nombre notable de « zéros » consécutifs), à savoir les pixels immobiles entre deux trames successives ; or ceux-ci sont largement majoritaires, en principe, dans une trame (constation dont profitent par exemple les dessinateurs de dessins animés).

On a indiqué ci-dessus que le traitement du signal VMY de luminance dans l'ensemble de calcul de mouvement 21 exige une certaine durée r .

C'est pourquoi l'unité 12A de la figure 6 comporte, en « parallèle » avec cet ensemble 21, trois unités à retard $29y$, $29r$ et $29b$ appliquant chacune un retard égal à r , respectivement aux signaux VMY de luminance, VMr de couleur rouge et VMb de couleur bleue arrivant dans l'unité 12A. On a donc aux sorties $30a$ (de 21), $30y$ (de $29y$), $30r$ (de $29r$) et $30b$ (de $29b$) des signaux synchrones, les signaux disponibles en $30y$, $30r$ et $30b$

étant constitués par les trois composantes VMY , VMr et VMb du signal entrant VM dans l'unité 124 de la figure 6, mais retardées de r , tandis que le signal disponible sur la sortie 30a de 21 est le signal $Ix, y, t + r$, ou $b | c | d$, c'est-à-dire la représentation du mouvement dans la composante de luminance Y codée en mouvement et retardée de r dans l'unité de calcul et de codage du déplacement 21.

Dans le mode de réalisation préféré, on prévoit, entre les points P, Q, R, S , d'une part, et P', Q', R', S' , d'autre part, de la figure 6, le montage de la figure 7 sur laquelle on retrouve ces points, ainsi que l'entrée T qui reçoit les signaux DP déterminés par la portion 21a de l'unité d'analyse et de codage du mouvement 21.

Afin de repérer les déplacements de grande amplitude dans une partie notable de la scène représentée par les signaux vidéo numériques traités VN , notamment dans la composante de luminance Y de ceux-ci, et déterminer ainsi la valeur de a (0 ou 1), les signaux DP , pour les pixels successifs d'une trame arrivant en T de la portion 21a de 21 et supérieurs au plafond de quantification (par exemple 7, soit 111 en binaire), sont comptés dans une unité de comptage CDP et le nombre de ces signaux DP excédant le plafond dans une trame, c'est-à-dire le pourcentage de pixels en déplacement notable dans le nombre total de pixels par trame, est comparée, dans un comparateur CP , à un seuil mémorisé dans la mémoire programmable SDP ; par exemple le seuil peut être égal à 30 % ou 40 % du nombre de pixels d'une trame.

A cet effet le comparateur CP comporte deux entrées, à savoir CP_1 connectée à la sortie CDP_1 de CDP , débitant le nombre de DP qui dépassent le plafond, et CP_2 connectée à la sortie SDP_1 de SDP , débitant la valeur du seuil (programmable) sous la forme d'un nombre.

Le signal binaire SB représentatif du dépassement ou non de ce seuil, débité par le comparateur CP , est mémorisé à chaque fin de trame dans une registre PDP activé par un signal de fin de trame SF dérivé du signal SCZ entrant dans l'unité 11c du filtre à ondelettes 11.

Pour tenir compte du fait que le signal SB n'est transmis qu'à la fin d'une trame complète, les quatre signaux synchrones débités par 30a, 30y, 30b et 30r, arrivant en P, Q, R et S respectivement, sont chacun retardés d'une trame, respectivement dans les unités à retard 31a, 31y, 31b et 31r qui imposent chacune un retard r' de durée égale à celle d'une trame.

De ce fait les signaux disponibles sur les sorties $32a$, $32y$, $32b$ et $32r$ des unités à retard $31a$, $31y$, $31b$ et $31r$ respectivement sont synchrones du signal SB' débité par la sortie PDP_3 du registre PDP lorsque celui-ci reçoit sur son entrée PDP_1 un signal de fin de trame SF qui autorise le passage de SB arrivant sur l'entrée PDP_2 de ce registre.

- 5 Le montage de la figure 7 peut comporter enfin une porte PA « d'aiguillage » dont les entrées PA_1 et PA_2 sont connectées respectivement aux sorties $32a$ de $31a$ et $32y$ de $31y$ et dont la sortie PA_4 débite en P' soit le signal qui lui arrive en PA_2 à partir de $31y$, c'est-à-dire le signal VMY retardé de $r + r'$ (à savoir de r dans $29y$ (figure 6) et de r' dans $31y$) soit le signal qui lui arrive en PA_1 à partir de $31a$, c'est-à-dire l'identificateur $I_{xyt} + r + r'$ (à
- 10 savoir l'identificateur $I_{xyt} + r$ sortant de $21c$ (figure 6) et retardé de r' dans l'unité à retard ($31a$), suivant que le signal SB' arrivant sur l'entrée PA_3 de commande de la porte PA représente un dépassement ou non du seuil programmé dans SDP par le pourcentage, dans une trame, des pixels pour lesquels leur DP dépasse le seuil de quantification.

La description de la figure 6 est maintenant reprise aux points P' , Q' , R' , S' dans les

15 deux cas ci-après de disposition :

- 1^{er} cas qui correspond à la variante préférée : le montage de la figure 7 est effectivement prévu entre les points P , Q , R , S et P' , Q' , R' , S' ; alors on dispose en P' d'un signal soit du type I'' , c'est-à-dire du type identificateur $I_{x,y,t} + r$, résultant du traitement du signal VMY dans l'ensemble 21, ce qui prend un temps r , qui est de plus
- 20 retardé de r' dans $31a$, c'est-à-dire retardé, par rapport au signal VMY , de $r + r'$, soit du type P'' , c'est-à-dire du type à mosaïque d'image débité par le filtre à ondelettes 11, retardé également de $r + r'$, successivement dans $29y$ (figure 6) et dans $31y$ (figure 7) suivant que le pourcentage de pixels par trame pour lesquels leur DP dépassant le seuil de quantification est plus petit ou plus grand que ledit seuil programmé dans SDP ; en
- 25 outre, dans ce premier cas, on dispose du signal de commande SB' appliqué à l'entrée $39d$ d'un compoporteur à seuil 39, comme précisé ci-après ;
- 2^{ème} cas : le montage de la figure 7 n'est pas prévu entre P , Q , R , S et P' , Q' , R' , S' qui sont respectivement connectés directement ou à travers un montage selon la figure 7 sans la porte PA ; alors on dispose en P' du signal arrivant en P , c'est-à-dire de
- 30 l'identificateur $I_{x,y,t} + r$.

En outre, dans le 1^{er} cas, on dispose en Q' , R' , S' respectivement des signaux VMY , VMr , VMb retardés de r dans $29y$, $29r$, $29b$ respectivement (figure 6), puis de r' dans $31y$, $31r$, $31b$ respectivement (figures 6 et 7), c'est-à-dire retardés de $r + r'$ au total, tandis que,

dans le 2^{ème} cas, on dispose en Q' , R' , S' respectivement des signaux disponibles en Q , R , S , à savoir les signaux VMY , VMr , VMb , retardés seulement de r dans 29y, 29r, 29b (figure 6).

On notera que, à part le retard de r' des signaux traités dans le montage de la figure 7 qui impose ce retard, les signaux aux points Q' , R' , S' sont les mêmes que ceux aux points Q , R , S respectivement, c'est-à-dire égaux à VMY , VMr , VMb respectivement, retardés de r , et donc les mêmes (si on néglige les retards), si le montage supplémentaire de la figure 7 est prévu ou non dans l'ensemble de la figure 6. Par contre, en présence du montage de la figure 7, le signal au point P' peut être

- 10 - soit identique, au retard r' près, au signal au point P si le seuil prévu n'est pas atteint par le pourcentage de pixels dont le déplacement dépasse en amplitude le plafond précité (par exemple le 7^{ème} niveau de quantification), et dans ce cas les signaux aux points P' , Q' , R' , S' sont les mêmes que ceux aux points P , Q , R , S respectivement, mais retardés de r' , ce qui ne change pas leur nature,
- 15 - soit identique, au retard r' près, au signal au point Q , c'est-à-dire égal à VMY retardé de r , si ledit seuil est dépassé.

Les signaux disponibles aux points P' , Q' , R' , S' sont désignés dans les deux cas par I'' , VMY'' , VMr'' , VMb'' respectivement, l'addition du montage de la figure 7 n'affectant (si on néglige le retard r' qui ne modifie pas la nature des signaux) que le signal I'' et

20 uniquement au cas où le seuil prévu pour le dit pourcentage est dépassé.

Le signal I'' , disponible au point P' est constitué normalement par le signal VP sur la sortie 30a, de ladite unité 21. L'identificateur $I_{x,y,t} + r$ débité par la sortie 30a de l'unité 21, éventuellement retardé r' dans 31a (1^{er} cas avec figure 7), est appliqué à l'entrée 33 d'une unité 34 apte à réaliser une reconstitution de la composante de luminance Y du signal d'entrée VM , à savoir de VMY , de l'ensemble 21, c'est-à-dire de la composante luminance

25 de la sortie du filtre à ondelettes 11, avec bien entendu un retard égal au retard dû au calcul dans l'ensemble 21, à savoir r (éventuellement augmenté du retard r' égal à la durée d'une trame dans l'unité à retard 31a de la figure 7), cette unité 34 débitant, sur une sortie 35, la composante luminance Y_0 d'un signal reconstitué de type VMY (avec le retard susmentionné).

30

L'unité de la reconstitution de l'image 34 est constituée et opère comme il sera exposé ci-après avec référence aux figures 8 à 13, illustrant le décodage du signal numérique ayant subi un codage dans l'unité 21 et débité sur la sortie 30a de l'unité 21, le

signal numérique de ladite sortie 30a ayant le « format », c'est-à-dire ayant la structure, du type $a | b | c | d$, sauf en cas de dépassement de seuil lorsqu'il est du type Px,y,t .

Pour que les signaux Y_0 , VMY'' , VMr'' et VMb'' soient synchrones, la décompression dans l'unité 34 est réalisée sur la trame de VMY , juste antérieure à celle qui arrive aux points Q' , R' et S' .

À l'ensemble 34 est associé un comparateur à seuil 39 qui reçoit, d'une part en 39a, à partir de la sortie 35 de cet ensemble 34, la composante luminance Y_0 du signal reconstitué suivant le diagramme de Mallat et, d'autre part en 39b, en synchronisme, la composante MY d'origine à mosaïque d'images de type Mallat sortant du filtre à ondelettes 11 retardée dans l'unité de retard 29y (et éventuellement l'unité 31y), c'est-à-dire VM'' . Une entrée auxiliaire 39d est prévue pour recevoir SB' dans le cas où le montage de la figure 7 est prévu entre les points $P Q R S$ et $P' Q' R' S'$ et comporte la porte PA contrôlée par le signal SB' . Le comparateur 39 compare, pour chaque pixel reçu, la similitude des signaux synchrones VMY'' et Y_0 avec un seuil de tolérance tenant compte du niveau de bruit accepté. En cas de dépassement, un signal d'erreur est mémorisé et émis sur la sortie 39c et ceci dans la seconde partie du pixel. L'entrée 39d, qui récupère le signal SB' , en cas d'utilisation du module de la figure 7 avec la porte PA , est prioritaire vis-à-vis du traitement du comparateur à seuil de tolérance sur la sortie 39c.

Si le comparateur 39 détecte un dépassement de cette valeur de seuil de tolérance, il commande une unité de correction 34a par sa sortie 39c connectée à l'entrée 34b de cette unité de correction ; celle-ci fait partie de l'ensemble 34 qui reçoit également, sur une entrée 34c, la composante VMY'' afin de corriger le signal mémorisé.

En outre le comparateur à seuil 39 contrôle, par sa sortie 39c - également connectée à l'entrée 40c d'un multiplexeur 40 -, ce multiplexeur pour qu'il sélectionne entre, d'une part, la composante de luminance VMY non compressée dans l'ensemble 21, mais retardée de $R = r +$ éventuellement r' , soit VMY'' , arrivant sur son entrée 40a et, d'autre part, l'identificateur synchrone $I' x, y, t + R$, à savoir le résultat du traitement dans l'ensemble 21, arrivant sur l'entrée 40b du multiplexeur 40.

Si le seuil précité n'est pas dépassé par la valeur absolue de la différence entre la valeur Y_0 pour laquelle $\underline{b} = 1$ dans $I' x, y, t + R$, traité dans l'ensemble 34, et la valeur VMY'' (et en l'absence de forçage par le signal SB'), le comparateur à seuil 39, en activant par sa sortie 39c l'entrée de commande 40c du multiplexeur 40, fait débiter par ce multiplexeur, sur sa sortie 40d, l'identificateur $I' x,y,t+R$ (c'est-à-dire le mouvement de la

composante luminance codée dans $21a$ arrivant par l'entrée $40b$), tandis que, si ledit seuil est dépassé par ledit calcul de différence (ou en cas de forçage par SB'), le comparateur à seuil 39, également par sa sortie $39c$ et l'entrée de commande $40c$ du multiplexeur, fait débiter par celui-ci le signal VMY'' (c'est-à-dire la composante luminance non codée retardée de R) arrivant sur son entrée $40a$. En quelque sorte le multiplexeur 40 constitue, entre ses entrées $40b$ et $40a$, un sélecteur ou « aiguillage » entre l'identificateur $I''x,y,t+R$ et le signal VMY'' non transformé en identificateur, ce multiplexeur étant commandé par le comparateur à seuil 39 en fonction du dépassement ou non dépassement du seuil précité ou son forçage par le signal SB' . Ce signal \underline{a} de sélection de 1 bit sortant en $39c$ de l'unité 39 fait aussi partie intégrante de la valeur de sortie $VMY(R)$, en plus de VMY'' de 7 bits sortant du comparateur 40 en $40d$. En même temps que le signal $VMY(R)$ ou $I x, y, t + R$ sort en $40d$, les signaux $VMCr(R)$ et $VMCb(R)$, c'est-à-dire respectivement $VMCr$ et $VMCb$, retardés tous deux de $R = r (+ r')$, sont disponibles sur les sorties $41b$ et $41r$ (pour les composantes bleue et rouge) d'un multiplexeur $41rb$, contrôlé (comme le multiplexeur 40) par le signal \underline{a} débité par la sortie $39c$ du dit comparateur 39 connectée à son entrée $41c$, et ce en cas de validité de ce signal de sélection ($\underline{a} = 1$, donc déplacement d'ensemble) ; dans le cas contraire ($\underline{a} = 0$, donc pas de déplacement d'ensemble) les signaux VMr'' et VMb'' sont remplacés par des valeurs nulles en sortie, car alors les signaux $VMCr(R)$ et $VMCb(R)$ valent zéro.

Sur la figure 6, on a représenté sur les différentes connexions le nombre de bits, à savoir 1, 7 ou 8 bits, véhiculés, au niveau d'une courte barre transversale oblique sur ces connexions.

Sur la figure 8, on a représenté l'organigramme résumant le contrôle de la sortie de l'unité de codage $12A$, en relation avec un pixel PI comportant deux portions à savoir l'une, T_1 , correspondant à la valeur du pixel et l'autre, T_2 , à la période de retour.

Pendant T_1 , on détermine si \underline{b} est égal à 1 ou 0 :

- si $\underline{b} = 1$, alors \underline{c} et \underline{d} représentent respectivement l'amplitude et la direction orientée du déplacement ; on notera que \underline{c} peut avoir la valeur $0 | 0 | 0$ (pour le 1^{er} palier de quantificateur de l'amplitude) et il en est de même pour \underline{d} (pour la direction orientée 000 dans le code de Freeman, dirigée suivant $0x$) ;
- si $\underline{b} = 0$, alors \underline{c} et \underline{d} sont également nuls ($\underline{c} = 0 | 0 | 0$ et $\underline{d} = 0 | 0 | 0$ en détaillant l'unique « 0 » de la figure 8).

Donc à la fin de T_1 , on a finalement $0 | b | c | d$.

Pendant T_2 on vérifie si la valeur absolue de la différence entre la valeur du pixel central d'une trame (position centrale 60 comme définie ci-dessous avec référence à une matrice 50 sur la figure 9) décodé en mouvement (après son codage en mouvement) et la valeur du même pixel dans la trame précédente mémorisée (après son codage en mouvement) est ou non supérieur à un seuil s .

- si ce seuil n'est pas dépassé par ladite valeur absolue, alors $a = 0$ et on autorise effectivement la transmission vers l'ensemble de compression – décompression 13 du $0 | b | c | d$, soit un identificateur comportant plus de « zéros » que le signal avant codage en mouvement ;
- 10 - si ce seuil est dépassé par ladite valeur absolue $a = 1$ et l'unité 12A transmet à l'ensemble de compression – décompression 13 le signal $1 | MY''$, à savoir le signal à mosaïque d'images reçu de filtre à ondelettes 11, simplement retardé, sans réduction du nombre de « zéros ».

On voit donc que c'est seulement en cas de modification importante dans l'image représentée par le signal vidéo numérique (début de séquence ou de plan), c'est-à-dire lorsque $a = 1$, que le nombre de « zéros » transmis par l'unité 12A n'est pas réduit. Par contre, lorsque $a=0$ et $b=0$, le nombre de zéros consécutifs est accru notablement.

On a donc finalement en sortie de l'ensemble 12A des figures 4 et 5, détaillé sur la figure 6 (et éventuellement la figure 7) : normalement, d'une part, la composante $VMY(R)$ de luminance codée dans l'unité 21 et retardée, sous la forme d'un identificateur $I_{x,y,t+R}$ pour chaque pixel, et, d'autre part, les composantes Cb et Cr de chrominance, sous la forme d'un signal du type sortie de filtre à ondelettes (selon le diagramme de Mallat), à savoir $VMCb(R)$ et $VMCr(R)$ retardés de R , donc synchrones de $VMY(R)$; les signaux $VMY(R)$ (à savoir en principe l'identificateur $I_{x,y,t+R}$), $VMCb(R)$ et $VMCr(R)$ constituant le signal total VP (également indiqué sur la figure 4) comportent avantageusement chacun huit bits par pixel. Le premier du fait de sa structure susmentionnée $a | b | c | d$ (\underline{a} et \underline{b} : 1 bit chacun, \underline{c} et \underline{d} : 3 bits chacun). Si l'identificateur $I_{x,y,t+R}$ est complètement nul ($a = b = c = d = 0$), il force $VMCb(R) = 0$ et $VMCr(R) = 0$; si $a = 0$ (seuil non dépassé), et $b = 1$ (existence d'un déplacement limité), $\underline{c} | \underline{d}$ indique l'amplitude et la direction du déplacement et $VMCb(R)$ et $VMCr(R)$ valent zéro ; enfin si $\underline{a}=1$ (seuil dépassé), d'une part, $VMY(R) = \underline{a} | MY''$ et, d'autre part, VMr'' et VMb'' sont transmis respectivement en $VMCb(R)$ et $VMCr(R)$.

Les trois composantes sont synchrones et constituées chacune avantageusement de 8 bits par pixel et constituant le signal composite VP de l'unité 12A.

Revenant à la figure 4, on voit que le signal composite VP du type sus-énoncé à trois composantes, c'est-à-dire constitué par $VMY(R)$, $VMCb(R)$ et $VMCr(R)$, est traité dans la partie compression CP de l'ensemble de compression - décompression 13, constitué, à la manière connue (par exemple décrite dans l'article précité de Patrick Butler et le catalogue précité de C-Cube Microsystems, dont les contenus sont incorporés ici par référence), par un quantificateur adaptatif 13a, un codeur de type RLC 13b et un codeur de Huffman 13c.

On notera que ce signal composite VP , qui constitue l'entrée en 25 de la dite partie CP de compression de l'ensemble 13, comporte, en moyenne, dans sa composante Y une plus forte proportion de « zéros », notamment de « zéros » consécutifs, que le signal composite VM débité par le filtre à ondelettes et traité directement par l'ensemble de compression - décompression dans l'ADV 601. Dans le cas où il n'y a pas de mouvement et pas de dépassement de seuil ($a \mid b = 0 \mid 0$), le signal VP ne comporte que des zéros, car alors également $c \mid d = 0 \mid 0$. Dans le cas où il y a mouvement, sans dépassement de seuil, ($a \mid b = 0 \mid 1$), le signal VP vaut zéro pour ses composantes de chrominance $VMCr(R)$ et $VMCb(R)$ et uniquement 7 bits non nuls au maximum pour sa composante de luminance $VMY(R)$ ($\underline{b} = 1$ et \underline{c} et \underline{d} peuvent comporter de 1 à 6 bits non nuls). C'est seulement en cas de dépassement de seuil ($\underline{a} = 1$) que le signal VP est constitué par la sortie du filtre à ondelettes et est traité dans l'ensemble de compression - décompression de l'ADV 601 (figure 1) sans réduction du nombre de « zéros » dans l'unité de codage en mouvement 12A.

Il résulte de l'augmentation quasi générale du nombre de « zéros » consécutifs, notamment du fait que, pour toute la portion sans déplacement dans les trames consécutives, les pixels sont représentés par $0 \mid 0 \mid 0$, dans le codage supplémentaire dans l'unité 12A que la compression dans la portion compression CP de l'ensemble de compression - décompression 13 est bien plus poussée dans le dispositif selon l'invention comportant l'unité de codage en mouvement 12A (figures 4, 5 et 6) que dans l'ADV 601 (figure 1).

On obtient donc finalement, sur la sortie compression SC du dispositif selon l'invention (figure 4), un signal compressé SIC comportant en moyenne un nombre de bits par pixel plus faible que le signal compressé NC disponible en sortie de l'ADV 601 (figure

1), ce qui permet, entre autres, sa transmission à distance plus aisée, par exemple sur ligne téléphonique, ou son enregistrement plus compact, notamment dans le cadre des applications énumérées dans le préambule de la présente demande.

On va maintenant décrire, avec référence aux figures 9 à 13 un mode de réalisation de l'unité 34 de reconstruction de l'image de la figure 6.

Il y a lieu de rappeler ici sous quelle forme arrive à cette unité en 33 (en l'absence de correction par la porte *PA* si elle existe) le signal numérique *I''* constitué par une succession d'identificateurs représentatifs de signaux vidéo numériques codés doublement, à savoir par le filtre à ondelettes 11 suivant le diagramme de Mallat et par l'unité 21 d'analyse de mouvement, dans la phase de compression (figure 6).

Ce signal *I''*, qui représente, pour chaque trame d'image vidéo, les pixels successifs de la trame pour la composante de luminance *Y*, comporte, comme indiqué pour la sortie de l'unité 21, dans la portion compression du dispositif de la figure 6, avantageusement huit bits répartis en quatre groupes ou paquets successifs :

- un premier groupe *a* comportant un seul bit, par exemple égal à 1 en cas de changement important dans l'ensemble de la trame, par rapport à la trame juste antérieure (en particulier en cas de début d'une nouvelle scène ou d'un nouveau plan) ou dans le cas d'un mouvement dont le déplacement ne correspond pas à ce qui est attendu, mais égal à 0 en cas d'absence d'un tel changement important, ou d'un mouvement dont le déplacement correspond à ce qui est attendu ;
- un deuxième groupe *b* comportant également un seul bit, qui, lorsque *a* = 0, est égal à 1 en cas de mouvement pour le pixel représenté, mais à 0 en l'absence de mouvement ;
- un troisième groupe *c* comportant un nombre réduit de bits, par exemple 3 bits comme indiqué ci-dessus, et qui représente en binaire la grandeur ou vitesse quantifiée du déplacement pour ce pixel (suivant 8 paliers de quantification de 000 à 111 pour 3 bits, car $2^3 = 8$) ; et
- un quatrième groupe *d*, comportant, comme le troisième groupe, un nombre réduit de bits pour représenter la direction orientée du déplacement, par exemple 3 bits représentant cette direction suivant le code de Freeman avec 8 directions orientées de 000 à 111, décalées angulairement de 45° ($8 \times 45^\circ = 360^\circ$), successivement.

On rappelle que lorsque *a* = 1, le signal *I''* est remplacé dans l'unité 40 par un signal *VMY''* constitué par un groupe de 7 bits.

Enfin lorsque $a = 0$ et $b = 0$ (absence de mouvement), les groupes \underline{c} et \underline{d} sont également nuls.

En définitive, un tel signal I'' à quatre groupes de bits a donc la forme ou « format »
 $| \underline{a} | \underline{b} | \underline{c} | \underline{d} |$, \underline{a} et \underline{b} avec 1 bit et \underline{c} et \underline{d} avec 3 bits, soit 8 bits en tout pour chaque
 5 composante d'un pixel. Trois cas sont possibles, suivant la valeur binaire du bit unique de
 chacun des deux premiers groupes :

- premier cas : $a = 1$: début d'une scène ou au moins changement important dans
 l'ensemble de la trame analysée par rapport à la précédente, ou dans le cas d'un
 mouvement dont le déplacement ne correspond pas à ce qui est attendu : l'unité 34 reçoit

10 VMY'' ;

- deuxième cas : $a = 0$ et simultanément $b = 1$: pas de changement important dans
 l'ensemble de la trame, mais mouvement pour le pixel traité correspondant à ce qui est
 attendu : l'unité 34 reçoit $0 | 1 | \underline{c} | \underline{d}$

- troisième cas : $a = 0$ et simultanément $b = 0$: il n'y a pas de mouvement pour ce pixel
 15 et donc on a également « 0 » pour chacun des 6 bits de \underline{c} et \underline{d} : l'unité 34 reçoit
 $0 | 0 | 0 | 0$.

Sur la figure 9, on a illustré la structure et le fonctionnement de l'unité 34 de la
 figure 6, cette unité étant réalisée pour reconstituer, à partir d'un identificateur I'' précité
 arrivant sur l'entrée 33, le signal VMY (du type sortie de filtre à ondelettes) transformé
 20 dans l'ensemble 21, avec éventuellement celui de la figure 7, en I'' .

L'unité 34 repartit suivant trois portions spatiales, à savoir une matrice 50 et deux
 portions supplémentaires 51 et 52 qui complètent la constitution d'un circuit matriciel en
 boucle, la succession, dans I'' , des signaux de pixel, pour la composante luminance, la
 durée de parcours de la boucle par ces signaux étant égale à celle d'une trame de pixels;

- 25 - la matrice 50 est une matrice carrée de dimension identique à la matrice mise en œuvre
 dans l'unité 21 (figure 6) de traitement du mouvement dans la voie de compression (à
 savoir la matrice 21 dans les demandes de brevet précitées) ; cette matrice comporte au
 moins $2n+1$ lignes et $2n+1$ colonnes, en désignant par n le nombre de niveaux de
 quantification de l'amplitude des déplacements de pixel ; sa dimension est donc de
 30 préférence égale à 17×17 pixels (dix-sept lignes et dix-sept colonnes de pixels pour 8
 niveaux de quantification) ; des registres à décalage (16 par ligne de positions de pixels
 dans le cas particulier), dont l'emplacement est illustré sur la figure 10 et qui sont décrits
 ci-après avec référence aux figures 11 et 12, imposent un retard égal à l'intervalle de temps

entre les débuts de deux pixels consécutifs le long de chaque ligne (entre les 17 positions de pixel) de la matrice 50 (il y a donc $16 \times 17 = 272$ registres à décalage pour l'ensemble des 17 lignes de la matrice) ;

- la deuxième portion 51 comporte un nombre de lignes égal à celui de la matrice 50 diminué d'une unité, à savoir 16 lignes dans l'espèce, et un nombre de colonnes égal à celui d'une trame de pixels du signal vidéo numérique à compresser diminué du nombre de colonnes dans la matrice 50, donc diminué de 17 unités en l'espèce (le nombre de colonnes dans l'ensemble 50 - 51 étant égal à celui des colonnes dans l'ensemble 50 - 51 - 52) ; dans une variante cette portion 51 peut être aussi réalisée par une mémoire de type F.I.F.O, à entrées et sorties séparées, de dimension égale à la somme des 17 mots et possédant un champ de bits d'adresses tel qu'il englobe le nombre de colonnes dans l'ensemble 50 - 51 - 52 ;
- la troisième portion 52 complétant les portions 50 et 51 pour reconstituer la totalité d'une trame du signal d'entrée ; elle comprend donc, comme illustré sur la figure 9, une entrée, référencée 57, commençant à la suite de la 17^{ème} ligne 54₁₇ de la matrice 50 et une sortie 59 relié à l'entrée 53₁ de l'unité 50 ; elle comporte une capacité dans une mémoire F.I.F.O au moins égale au nombre de pixels de l'image diminuée de 16 lignes et de 16 colonnes.

La circulation entre ces trois portions 50, 51 et 52 est la suivante :

- À partir de l'entrée 53₁ de la première ligne 50₁ de la matrice 50, la succession des signaux de pixels d'une trame circule d'abord de la gauche vers la droite à travers cette ligne, le premier pixel de cette trame occupant la dernière position de pixel dans cette première ligne, juste en amont de la sortie 54₁ de cette première ligne, tandis que le 17^{ème} pixel de cette trame occupe la première position de cette ligne, juste en aval de l'entrée 53₁.
- Ensuite, après 17 pixels, le signal passe depuis la première ligne 50₁ de la matrice 50 à la première ligne 51₁ de la portion 51, à partir la sortie 54₁ de la première ligne 50₁ de la matrice 50 jusqu'à l'entrée 55₁ de la première ligne 51₁ de la portion 51 et se propage le long de cette première ligne 51₁ jusqu'à la dernière position de pixel sur cette première ligne juste en amont de la sortie 56₁ de cette ligne. À cet instant le premier pixel du signal de trame occupe cette dernière position, tandis que l'ensemble des pixels de la première ligne de la trame occupe, dans l'ordre de la droite vers la gauche, l'ensemble des premières lignes 51₁ et 50₁ des portions ou matrices 51 et 50.

Puis la succession des signaux de pixels d'une trame sort par la sortie 56_1 de la première ligne 51_1 de la portion 51 pour atteindre l'entrée 53_2 de la deuxième ligne 50_2 de la matrice 50, parcourt cette deuxième ligne 50_2 pour atteindre la sortie 54_2 de cette deuxième ligne et de là l'entrée 55_2 de la deuxième ligne 51_2 de la portion 51 ; les signaux de pixel parcourent cette deuxième ligne pour en sortir par sa sortie 56_2 . À cet instant les pixels de la première ligne de trame du signal occupent l'ensemble des deuxièmes lignes 51_2 et 50_2 des portions 51 et 50, respectivement, de la droite vers la gauche, tandis que les pixels de la deuxième ligne de trame du signal occupent l'ensemble des premières lignes 51_1 et 50_1 des portions 51 à 50, également de la droite vers la gauche.

Et ainsi de suite jusqu'à la seizième ligne de la matrice 50 et de la portion 51, respectivement 50_{16} et 51_{16} ; de ce fait après les premières 16 lignes de la succession des signaux de pixel d'une trame, ces seize premières lignes occupent les lignes 16 à 1 de la matrice 50 et de la portion 51, à savoir $50_{16} - 51_{16}, \dots 50_2 - 51_2$ et $50_1 - 51_1$ de bas en haut et de droite à gauche, suivant le schéma classique de balayage du début d'une trame vidéo sur un écran.

La sortie 56_{16} de la seizième ligne 51_{16} de la portion 51 (la ligne 56_{16} étant la dernière ligne de cette portion) est connectée, de la même manière que les sorties $56_1, 56_2, 56_{15}$ des lignes précédentes de cette portion, à l'entrée de la ligne suivante de la matrice 50, à savoir dans ce cas à l'entrée 53_{17} de la dix-septième ligne 50_{17} de cette matrice 50.

La sortie 54_{17} de cette ligne 50_{17} est connectée à l'entrée 57 de la portion 52, comme indiqué ci-dessus. Cette entrée 57 et celle de la première ligne (incomplète) 52_1 de cette portion. La trame emprunte ensuite les lignes suivantes 52_2 et de la portion 52, comme pour l'ensemble $50 - 51$, pour aboutir en 59.

La sortie 59 de la portion 52 est connectée à l'entrée 53_1 de la portion 50, la capacité mémoire de la portion 52 est au moins égale au nombre de pixels de l'image diminuée de 16 lignes et 16 colonnes.

Lorsque le début du signal de pixels atteint la sortie 59 de la portion 52, la totalité de la première trame, dans l'ordre d'arrivée en 53_1 , occupe la totalité de l'ensemble portions $50 - 51 - 52$, de bas en haut et de droite à gauche.

En fait la distinction entre portions matricielles (matrice 50) et quasi-matricielles 51 et 52 est fonctionnelle et explicative, ces trois portions formant un ensemble matriciel à travers lequel circule le signal codé de chaque trame, la sortie 59 finale étant connectée à l'entrée initiale 53_1 de cet ensemble matriciel $50 - 51 - 52$ et la durée de parcours, par un

pixel d'une trame, de cette boucle fermée étant égale à la durée d'une trame du signal vidéo numérique d'origine. De ce fait, en l'absence d'ordre de remplacement - dans une unité de multiplexage 60, disposée au centre de la matrice 50, comme indiqué ci-après - du signal arrivant normalement à cette unité de multiplexage en une position centrale de la

5 matrice 50 par un autre signal en cas de mouvement ($b = 1$) ou de changement de plan ($a = 1$), la succession des signaux de pixels arrivant sur l'entrée 53_1 de l'ensemble 50 - 51 - 52 tourne en rond, c'est-à-dire en boucle, dans cet ensemble, comme indiqué précédemment : de chaque ligne 50_1 à 50_{16} de la portion 50 à la ligne correspondante 51_1 à 51_{16} de la portion 51, avec retour à la ligne suivante 50_2 à 52_{17} de la portion 50, puis de la dernière

10 ligne 50_{17} de la portion 50 à l'entrée 57 de la portion 52 retardé jusqu'à la sortie 59 de la portion 52, avec retour au début de la première ligne 50_1 de la portion 50.

Afin d'affecter exactement à chaque position de pixel de l'ensemble 50 - 51 - 52, un pixel de la succession de signaux de pixel dans une trame arrivant en 53_1 , on prévoit, entre chaque position successive de pixel dans cet ensemble dans l'ordre du balayage

15 classique de trame sur un écran vidéo (à savoir dans l'ordre précité), un registre à décalage ou autre moyen de retard imposant un retard égal à l'intervalle de temps entre le début de deux pixels successifs, un tel registre étant prévu non seulement entre les pixels d'une même ligne d'une portion 50, 51, 52, mais également entre la sortie d'une ligne d'une

20 portion et l'entrée subséquente, dans l'ordre de circulation du signal, dans la ligne suivante de la même portion ou dans une ligne d'une autre portion, à savoir entre 54_1 et 55_1 , 54_2 et 55_2 etc., entre 56_1 et 53_2 , 56_2 et 53_3 etc., entre 56_{16} et 53_{17} , entre 54_{17} et 57, entre 59 et 53_1 .

Sur la figure 10 on a représenté la répartition des registres à décalage mis en œuvre entre deux positions de pixel successives dans la matrice 50, avec les moyens de commande de certains de ces registres, tandis que les figures 11 à 13 illustrent les différents

25 types de fonctions associées aux registres.

Sur les figures 10, 11 et 12 on distingue les trois types de registres, dont chacun impose un retard r''' égal à l'intervalle de temps entre les débuts de deux pixels successifs, et leurs positions dans la matrice 50.

Au centre 60 (figures 9 et 10) est disposé un registre à décalage 61 à multiplexeur

30 (détaillé sur la figure 11) dont la structure et le fonctionnement seront exposés ci-après.

Suivant les 8 directions orientées du code de Freeman, séparées angulairement, en succession, de $360^\circ/8$ soit 45° à partir de l'axe horizontal orienté 62_0 et représentables par trois bits ($2^3 = 8$), sauf au centre 60, d'où partent ces 8 directions ou demi-axes 62_0 , 62_1 , 62_2 ,

62₃, 62₄, 62₅, 62₆, 62₇, sont disposées dans chaque ligne 50₁, 50₂...50₁₇ des registres à décalage 63 (détaillés sur la figure 12) associés à des multiplexeurs, mais de structure plus simple que le multiplexeur associé au registre 61 et qui seront décrits en structure et en fonctionnement ci-après.

5 Enfin dans les autres emplacements (c'est-à-dire en dehors du centre 60 et des directions 62₀ à 62₇), entre deux positions de pixels successives suivant le sens de balayage dans la portion matricielle 50, sont disposés de registres à décalage 64 qui sont de simples unités à retard imposant ledit retard r''' (symbolisé 2^{-1} , pour le retard unitaire d'un pixel).

10 Le registre à décalage 61 (figure 11) dans l'emplacement central 60 de la portion matricielle 50 a pour objet de modifier le flux de pixels circulant dans l'ensemble 50 – 51 – 52 en boucle dans le sens indiqué ci-dessus au-cas où le 1^{er} groupe \underline{a} de signaux numériques des quatre groupes de signaux numériques | \underline{a} | \underline{b} | \underline{c} | \underline{d} entrants est constitué par un « 1 », c'est-à-dire lorsque $a = 1$, ce qui représente un changement d'ensemble du signal vidéo avant compression (début de scène ou changement de plan par exemple,
15 constituant un début de séquence) ou bien une non correspondance entre le pixel entrant et le pixel mémorisé et déplacé ; dans ce cas le flux de pixels circulant dans l'ensemble 50 – 51 – 52 doit être modifié et c'est le signal n'ayant pas subi de traitement dans l'unité de traitement de mouvement 21 des figures 5 et 6 qui doit être substitué. A cet effet à une unité à retard 61a, analogue aux unités à retard 64 imposant un retard r''' , sont associés
20 deux multiplexeurs 61b et 61c.

La structure d'un registre à décalage 63 (figure 12) est plus simple et ne comporte, associée à l'unité à retard 63a, analogue aux unités à retard 64 et 61a, qu'un seul multiplexeur du type porte 63b qui représente la fonction « ET » (symbole &). Un des registres à décalage 63 disposés suivant les 8 directions orientées du code de Freeman est
25 opérationnel lorsque le 1^{er} groupe \underline{a} de signaux numériques | \underline{a} | \underline{b} | \underline{c} | \underline{d} entrants est constitué par un « 0 », soit $a = 0$, et le 2^e groupe \underline{b} de signaux numériques est constitué par un « 1 », soit $b = 1$, - ce qui représente un déplacement (limité) suivant une desdites 8 directions, à savoir celle sur laquelle est disposé le registre à décalage impliqué - à savoir celui déterminé par les valeurs de \underline{c} indiquant l'amplitude de déplacement et \underline{d} indiquant la
30 direction dans le code de Freeman de ce déplacement. Ainsi le registre à décalage dans la position P sur la figure 10 correspond à $\underline{c} = 6$ (ligne 54₂, soit 6 lignes au-dessus de la ligne centrale 50₈ et $\underline{d} = 1$ (sur la direction orientée 62₁ représentée par « 001 » dans le code de Freeman).

Le but de l'opération est de ramener au centre 60 le pixel en position P ; il s'agit en fait de faire retrouver au pixel central l'emplacement qu'il occupe en P après son déplacement dans l'unité 21 du fait de son mouvement, en réalisant donc bien en décompression l'opération inverse de celle réalisée dans la compression par l'ensemble 21, à savoir

- rétablir la position du pixel avant le traitement du déplacement dans l'unité 21 de la figure 6 au cas où $b = 1$ et $a = 0$ (de mouvement limité), et
- rétablir le signal avant traitement dans l'unité 21 au cas où $\underline{a} = 1$ (modification complète).

Un registre 63 (figure 12) est réalisé et opère comme suit : à l'unité à retard 63a, analogue aux unités à retard 64 imposant un retard r''' à la valeur du pixel, est associée une porte 63b qui représente la fonction « ET » et est validée par un non-signal ri , lui même représentatif du groupe de signaux numériques $| a | b | c | d |$ entrants, à savoir i est égal, pour $a = 0$ et $b = 1$, à la valeur $c | d$. Lorsque ces conditions sont remplies, le signal ri ($| a | b | c | d |$) vaut 0, tous les autres signaux ri valant 1. Le but de cette fonction est soit de transférer le pixel pour une absence de sélection, soit d'annuler la valeur du pixel à cette place lors de la sélection de la position (pixel en mouvement) pour le registre suivant, dans l'ordre d'avancement du flux de pixels, et de transférer la valeur du pixel avant annulation en si.

Un registre 61 (figure 11) est réalisé et opère comme suit : à l'unité à retard 61a, analogue aux unités à retard 64 imposant un retard r''' à la valeur du pixel, est associé un multiplexeur 61b commandé par le signal \underline{b} qui sélectionne la sortie du registre à décalage pour la valeur 0, ou la sortie de l'encodeur 61d pour la valeur 1 ; cet encodeur 61d transfère l'entrée si, avec $i = c | d$, la sortie de ce multiplexeur 61b va, d'une part, vers la sortie de l'unité 34 en 35, et, d'autre part, vers l'entrée d'un deuxième multiplexeur 61c, lui même commandé par le signal \underline{a} . La deuxième entrée de ce deuxième multiplexeur est constituée par la valeur du pixel actuel en cette position 60 ; elle entre dans l'unité 34 en 34c (la figure 9). La commande \underline{a} « nul » transfère la sortie du multiplexeur précédent 61b vers le registre suivant 63 ; pour \underline{a} égal à 1 le multiplexeur 61c transfère la valeur actuelle du pixel vers le registre suivant 63.

La figure 13 résume le cheminement des opérations de la sous-unité de correction d'image. La valeur du déplacement $b | c | d$ entre en 33 dans cette sous-unité de correction 34a, si \underline{b} est égal à 1 ; dans le cas contraire ($\underline{b} = 0$) aucun traitement n'est effectué. Si la

valeur de \underline{a} est actuellement nulle, un décodeur 70 positionne la sortie ri à zéro, i étant égal à $c \mid d$, en l'occurrence 4 ; ce signal ri va commander le registre 63 à la position 4. La valeur en cette position $s4$ est transférée au centre 60 par l'encodeur 61d, qui encode la valeur $c = 4 \mid d$ et en même temps une valeur nulle est proposée au registre suivant par l'intermédiaire de la porte ET 63b. Le multiplexeur 61b commandé par $b = 1$ transfère la valeur du pixel de la position « 4 » en sortie 35 de l'unité 34a. Une comparaison à seuil est effectuée entre ce signal et la valeur actuelle délivrée par l'unité 29y, ce qui délivre un signal \underline{a} tel que :

$|VMY'' - Y_0| < \text{SEUIL}$ donc $\underline{a} = 0$; par contre $\underline{a} = 1$ si l'inégalité n'est pas

respectée.

Le résultat de ce calcul est validé et mémorisé en début de la deuxième partie de la période du pixel. Il sort de ce comparateur en 39c. Ce résultat peut être forcé par le signal SB' actif lorsque le circuit de la figure 7 existe et comporte la porte PA .

Si le signal \underline{a} devient actif ($a = 1$), il faut, d'une part, annuler la commande de transfert nul dans le registre 63, ce qui est fait par le décodeur 70 qui remet le signal $r4$ à « 1 » et valide donc la porte 63b, et, d'autre part, remettre à jour l'image en actualisant la valeur centrale 60 avec la valeur actuelle VMY'' à l'aide du multiplexeur 61c commandé par le signal \underline{a} .

On va maintenant décrire la portion décompression DP du mode de réalisation préféré du dispositif de compression – décompression selon l'invention tel que représenté, dans son ensemble, sur la figure 4.

Cette portion de décompression du dispositif, selon l'invention, de la figure 4 comporte d'abord la portion décompression de l'ensemble de compression – décompression 13, c'est-à-dire successivement le codeur de Huffman 13c, le filtre RLC 13b et le quantificateur adaptatif 13a, opérant tous trois en inverse, comme dans un ADV 601 dont la description relative à la décompression est incorporée ici par référence, ainsi que celle relative à la décompression dans l'article précité de C-Cube Microsystems.

On notera toutefois que le signal compressé SIC 1, qu'il y a lieu de décompresser et qui est appliqué à l'entrée décompression ED du dispositif selon l'invention et donc à l'entrée de la portion décompression de l'ensemble de compression – décompression 13, est plus compressé que le signal à décompresser NC 1 appliqué à l'ADV 601 (figure 1) fonctionnant en décompression, pour les raisons exposées ci-dessus pour la compression selon l'invention.

Sur la figure 4, on a représenté par des flèches de la droite vers la gauche la progression de la décompression de signal SIC_1 dans l'ensemble 13, depuis l'entrée ED à $13c$, de $13c$ à $13b$, de $13b$ à $13a$ et de $13a$ à la sortie décompression 36 de l'ensemble 13. On obtient finalement un signal VP_1 de structure analogue au signal VP , c'est-à-dire dans lequel la composante luminance est représentée par un identificateur I' à 8 bits $\underline{a} | \underline{b} | \underline{c} | \underline{d}$ (\underline{a} et \underline{b} comportant chacun un bit et \underline{c} et \underline{d} comportant chacun 3 bits), du moins en l'absence de mouvement important dans la scène représentée ; dans le cas contraire on a $\underline{a} | VMY''$ au lieu de $\underline{a} | \underline{b} | \underline{c} | \underline{d}$.

Le signal VP_1 , qui est débité sur la sortie décompression 36 de l'ensemble 12B et est reçu sur l'entrée 36' de l'ensemble 12B, est traité dans ledit ensemble 12B illustré sur la figure 14 avec la portion terminale de décompression (filtre à ondelettes 11) du dispositif selon l'invention et partiellement sur les figures 10 à 14. Le signal traité dans l'ensemble 12B est disponible sur la sortie 17' de cet ensemble et reçu sur l'entrée inverse 17 du filtre à ondelettes 11.

Ce signal VP_1 comporte une composante de luminance VMY' , constituée par l'identificateur I' (de même structure que le signal $VMY(R)$ débité par l'ensemble de la figure 6), et deux composantes bleue $VMCb'$ et rouge $VMCr'$ (ces deux dernières composantes ayant même structure que les composantes $VMCb(R)$ et $VMCr(R)$ débités par l'ensemble de la figure 6) dans le cas où $\underline{a} = 1$ et nulles dans le cas contraire, $\underline{a} = 0$.

À partir de chacune de ces composantes VMY' , $VMCb'$ et $VMCr'$, l'image selon le diagramme de Mallat du type à mosaïque d'images est reconstituée dans les unités $42y$ (pour VMY'), $42b$ (pour $VMCb'$) et $42r$ (pour $VMCr'$) de reconstitution d'image, qui sont de même structure que l'unité 34 de reconstitution d'image de la figure 6, structure qui a été décrite avec référence aux figures 9 à 13, avec son fonctionnement.

On notera que, comme l'unité 34, les unités $42y$, $42b$ et $42r$ comportent une sous-unité de correction $43y$, $43b$, $43r$, respectivement, qui reçoit des signaux de commande de correction éventuelle sur son entrée $44y$, $44b$, $44r$, respectivement.

Les sorties $45y$, $45b$, $45r$, des unités $42y$, $42b$, $42r$ respectivement, débitent des signaux VMY'' , $VMCb''$ et $VMCr''$, respectivement, ayant la même structure à mosaïque d'images que VMY , $VMCb$ et $VMCr$ de la figure 6, c'est-à-dire selon le diagramme de Mallat. Ces signaux VMY'' , $VMCb''$ et $VMCr''$ sont traités dans la portion décompression du filtre à ondelettes 11 en trois unités $48y$, $48b$, $48r$ fonctionnant en inverse comme dans un ADV 601 pour débiter finalement les trois composantes de luminance Y'' , Cb'' et Cr'' du

signal vidéo numérique VN_1 (qui est aussi représenté sur la figure 4, illustrant l'ensemble du dispositif selon l'invention), ces composantes étant la contrepartie des trois composantes Y , Cb et Cr du signal vidéo numérique VN (de la figure 4) après compression et décompression ; le signal VN_1 peut être appliqué à un écran de moniteur, de téléviseur ou de visiophone par exemple (unité 19 de la figure 4).

On va décrire maintenant avec références aux figures 15, 16 et 17 trois applications particulières du procédé et du dispositif selon l'invention. Sur ces figures, on retrouve les références de la figure 4 pour des signaux et des unités correspondants.

Sur la figure 15, on a illustré l'application de ce procédé et de ce dispositif à des visiophones, c'est-à-dire des téléphones avec transmission simultanée de l'image des interlocuteurs (et de leur environnement éventuellement), notamment dans le cas de vidéoconférences.

La transmission entre les deux postes de visiophonie P_1 et P_2 (éventuellement plus de deux postes en cas de vidéoconférences entre plus de deux locaux) est réalisée par ligne téléphonique, câble, voie hertziennne, éventuellement par satellite.

Chaque poste est constitué selon le montage de la figure 4 et comprend une caméra de télévision numérique sonore 15 qui débite dans la portion codage d'un filtre à ondelettes 11 dont la sortie 16 est connectée à l'entrée 20 de l'unité 12A de traitement du mouvement ; la sortie 24 de l'unité 12A est connectée à l'entrée de compression 25 d'un ensemble de compression - décompression 13 qui débite, sur sa sortie compression SC , le signal compressé SIC qui sera transmis à distance et reçu à l'autre poste en tant que signal SIC_1 sur l'entrée ED de décompression de l'ensemble de compression - décompression 13 dont la sortie de décompression 36 est connectée à l'entrée de l'ensemble de décodage du mouvement 12B ; la sortie de l'ensemble 12B est connectée à l'entrée décodage ou décompression 17 du filtre à ondelettes 11, dont la sortie décodage débite le signal VN_1 reçu par un écran de moniteur 19 avec reproduction sonore.

Le dispositif de la figure 14 fonctionne de la même façon depuis le poste P_1 , en émetteur, vers le poste P_2 , en récepteur, et vice et verso. L'ensemble de la caméra numérique 15 et de l'écran 19 avec haut parleur constitue le visiophone proprement dit, à savoir le combiné du capteur 15 de l'image et du son à transmettre et du récepteur 19 de l'image et de son reçus ou bien du capteur sonore et du récepteur sonore matériellement distincts.

Les signaux vidéo numériques sont compressés dans chaque poste P_1 , P_2 , et transmis compressés de P_1 à P_2 et de P_2 à P_1 , ce qui permet une réduction considérable de la

bande passante, donc l'utilisation de lignes téléphoniques avec une excellente qualité de l'image reçue en 19, pratiquement sans retard perceptible (seulement de 3 trames, soit environ 1/10 de seconde).

Sur la figure 16 on a illustré un dispositif d'enregistrement de signaux vidéo numériques compressés par le procédé et le dispositif selon l'invention, en même temps que du son concomitant aux images.

Le dispositif de la figure 16 comprend une caméra numérique sonore 15 ou une source d'un signal vidéo numérique reçu d'ailleurs ou un lecteur d'un enregistrement antérieur, tel qu'un film vidéo, ou un scanner, qui débite un signal vidéo numérique VN ; celui-ci est appliqué à l'entrée 14 d'un filtre à ondelettes 11 fonctionnant seulement en direct, c'est-à-dire en réalisant la formation d'images selon le diagramme de Mallat, c'est-à-dire à mosaïque d'images.

La sortie 16 de ce filtre est connectée à l'entrée 20 d'un ensemble de traitement du mouvement 12A (analogue à celui des figures 5 à 7) dont la sortie 24 est connectée à l'entrée 25 d'un ensemble de compression 13', constitué de la même manière que la portion compression de l'ensemble de compression – décompression 13 de la figure 4. La sortie SC de l'ensemble 13' débite un signal numérique comprimé SIC qui est appliqué à un enregistreur EN de type connu sur un support d'enregistrement SE , tel que laser disc, CD-ROM, DVD, bande magnétique, disquette.

La compression réalisée par le dispositif de la figure 16 permet l'enregistrement d'un même document de départ sur une portion plus réduite de support d'enregistrement, par exemple sur un seul laser disc ou une portion de DVD d'un film de deux heures, avec conservation des caractéristiques essentielles du document de départ.

La figure 17 représente un dispositif de lecture d'enregistrement mettant en œuvre le procédé et le dispositif selon l'invention.

Le dispositif de la figure 17 comporte d'abord un lecteur d'enregistrement LE de type connu lisant un signal vidéo numérique (image et son) sur un support SE , tel que laser disc, CD-ROM, DVD, bande magnétique, disquette ou autre support. Son signal numérique de sortie SIC_1 est appliqué sur l'entrée décompression ED d'un ensemble de décompression 13'' constitué de la même manière que la portion décompression de l'ensemble de compression – décompression 13 de la figure 4. Le signal de sortie décompressé VP_1 de 13'' est appliqué à l'entrée d'un ensemble de décodage 12B (analogue à celui de la figure 13). Le signal de sortie de 12B, constitué par un signal décodé VM_1 , est appliqué à l'entrée

17 d'un filtre à ondelettes 11'' fonctionnant en décodage comme indiqué pour le filtre à ondelettes 11 de la figure 4. Enfin la sortie 18 du filtre 11'' débite le signal vidéo numérique VN_1 qui constitue la réplique, après décompression dans 13'' et décodage dans 12B et 11'', du signal vidéo numérique enregistré codé et compressé (par exemple par le
5 dispositif de la figure 16), sur le support précité, lu par le lecteur LE ; ce signal VN_1 est affiché sur l'unité 19, constituée par un moniteur, téléviseur ou ordinateur avec haut-parleur(s).

Bien entendu d'autres applications du procédé et du dispositif selon l'invention sont possibles. Dans les trois applications des figures 15, 16 et 17 et les autres applications, le
10 procédé et le dispositif selon l'invention présentent, par rapport aux systèmes connus de compression et/ou décompression de signaux vidéo numériques, un grand nombre d'avantages, notamment :

- une compression plus poussée, avec une conservation des caractéristiques analogue ou accrue, d'où possibilité de transmission à distance avec une bande passante plus étroite ou
15 d'enregistrement sur une portion de support d'enregistrement plus réduite ;
- une compression et/ou décompression pratiquement en temps réel, d'où amélioration de la communication par visiophone entre deux personnes et des vidéoconférences ;
- une amélioration de la qualité du signal comprimé qui conserve les caractéristiques essentielles du signal avant compression.

20 La présente invention n'est pas limitée au mode de réalisation et aux applications décrits et illustrés, mais en englobe leurs variantes et modifications ; sa portée n'est limitée que par les revendications ci-après.

En particulier l'ensemble de codage 12A, et l'ensemble de décodage 12B peuvent être utilisés sans filtre à ondelettes 11 (ou avec un autre ensemble de codage préliminaire)
25 et avec un type d'ensemble de compression décompression autre que l'ensemble 13.

REVENDEICATIONS

1. Procédé de compression d'un signal vidéo numérique et de décompression d'un signal numérique compressé résultant d'une telle compression, caractérisé en ce qu'il comporte
 - 5 - en ce qui concerne la compression, une opération de codage consistant à rechercher les déplacements et les modifications brusques des différents pixels correspondants, entre deux trames successives d'un signal numérique à coder d'entrée, représentatif d'une succession de trames correspondantes dudit signal vidéo, constituées chacune par une succession de pixels, et à déduire, des dits déplacements et des dites modifications
10 brusques, un signal codé de sortie qui comprend, pour la séquence initiale et pour chacune des séquences suivantes du signal numérique qui commencent par une modification dans l'image vidéo représentée par le dit signal vidéo numérique, dans une trame donnée par rapport à la trame précédente,
d'une part, en début de séquence, ainsi que pour les pixels brusquement modifiés en
15 valeur, au moins ladite trame ou lesdits pixels du dit signal numérique à coder d'entrée, sans modification, et
d'autre part, pendant toute la durée de la séquence jusqu'au début de la séquence suivante, une succession de paquets de bits de correction, représentatifs, pour chaque pixel d'une trame, de l'existence, respectivement de la non-existence, d'un déplacement de celui-ci
20 entre la trame impliquée et la trame précédente, et dans le premier cas de l'amplitude quantifiée et de la direction orientée quantifiée du déplacement ; et
 - en ce qui concerne la décompression, une opération de décodage consistant à décoder un signal numérique à décoder d'entrée, constitué par un signal codé résultant de la dite opération de codage, c'est-à-dire comportant pour chaque séquence au moins une première
25 trame de signal numérique, non modifiée par ladite opération de codage, suivie par une succession de paquets de bits de correction, avec des pixels non modifiés, en un signal décodé de sortie, dans lequel a été rétablie la succession de trames correspondantes du signal numérique avant codage dans ladite opération de codage et qui est constitué par ladite première trame de signal numérique suivie par une succession de trames déduites de
30 ladite première trame par rétablissement en position des pixels ayant subi un déplacement, en fonction du paquet de bits de correction correspondants.

2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que la dite opération de codage consiste, en ce qui concerne la recherche de déplacements et des modifications brusques des pixels, à faire subir au dit signal numérique à coder d'entrée, trame par trame,

- 5
 - un traitement temporel, dans lequel on compare, pour chaque pixel, la valeur de celui-ci à sa valeur juste antérieure, lissée au moyen d'une « constante de temps » qu'on fait évaluer au cours du temps pour optimiser le lissage, afin de déterminer deux paramètres, significatifs de la variation temporelle de valeur du pixel, paramètres variables dans le temps et représentés par deux signaux numériques, à savoir un premier signal binaire *DP*, dont une première valeur représente le dépassement d'un
 - 10
 - seuil déterminé par ladite variation et une seconde valeur le non-dépassement de ce seuil par ladite variation, et un second signal numérique *CO*, à nombre réduit de bits, représentatif de la valeur instantanée, pour ledit pixel, de ladite constante de temps,
 - un traitement spatial des valeurs, pour une trame donnée, desdits deux signaux numériques *DP* et *CO* pour déterminer les pixels en déplacement pour lesquels à la fois
 - 15
 - ledit premier signal *DP* présente ladite première valeur représentative de dépassement dudit seuil et ledit second signal *CO* varie d'une manière significative entre pixels voisins,
 - un traitement pour déduire, pour lesdits pixels en déplacement, l'amplitude et la
 - 20
 - direction orientée de celui-ci,
 - un traitement pour reconstituer ledit signal d'entrée par rétablissement en position des pixels ayant subi un déplacement, et
 - un traitement de comparaison entre ledit signal numérique à coder d'entrée et ledit signal reconstitué pour déterminer les modifications.

3. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que la dite opération de décodage

25 consiste à faire circuler ledit signal numérique codé d'entrée en une boucle, dont la durée de parcours par ledit signal est égal à la durée d'une trame de ce signal, à faire défiler ledit signal, au cours de son parcours de ladite boucle, à travers une matrice de positions de pixels dont le nombre de rangées, d'une part, et le nombre de colonnes, d'autre part, est au moins égal à $2n+1$, en désignant par n le nombre de niveaux de quantification de

30 l'amplitude du déplacement, l'introduction du dit signal dans ladite boucle ayant lieu en une position centrale de ladite matrice, à ramener, après défilement de ladite première trame de chaque séquence, dans ladite position centrale un pixel dudit signal, en défilement dans la dite matrice, qui a subi un déplacement entre la trame impliquée et la trame

précédente, en fonction du paquet de bits de correction relatif à ce pixel, pour rétablir ainsi les trames successives des séquences telles qu'elles étaient avant leur codage dans l'opération de codage, et à extraire de la dite boucle, en une position située en aval, dans le sens du défilement, de ladite position centrale, les trames successives ainsi rétablies.

- 5 4. Procédé selon la revendication 1 ou 2 caractérisé en ce que ladite opération de codage est effectuée entre une opération de codage préliminaire, constituée par une analyse par ondelettes qui code un signal vidéo numérique d'entrée en un signal numérique à mosaïques d'images successives, qui constitue le signal d'entrée pour ladite opération de codage, et une opération de compression d'un flot de signaux binaires pour obtenir la
 - 10 réduction du nombre des signaux binaires dans ledit signal de sortie de ladite opération de codage, par suppression de la majorité des signaux binaires dudit flot ayant une valeur déterminée parmi les deux valeurs possibles de tels signaux.
5. Procédé selon la revendication 1 ou 3 caractérisé en ce que ladite opération de décodage est prévue entre une opération de décompression de signaux binaires compressés qui
 - 15 reconstitue le flot de signaux binaires correspondant avant suppression, dans ladite opération de compression, de la majorité des signaux binaires ayant une valeur déterminée, et une opération de décodage final, inverse d'une analyse par ondelettes, qui reconstitue, à partir d'une succession de signaux du type à mosaïques d'images, un signal vidéo numérique formé par une succession de trames, constituées chacune par une succession de
 - 20 pixels.
6. Dispositif de compression d'un signal vidéo numérique et de décompression d'un signal numérique compressé résultant d'une telle compression, caractérisé en ce qu'il comporte
 - en ce qui concerne la compression, un ensemble de codage (12A) comportant des
 - 25 moyens pour rechercher les déplacements et les modifications brusques des différents pixels correspondants, entre deux trames successives d'un signal numérique à coder d'entrée, représentatif d'une succession de trames correspondantes dudit signal vidéo, constituées chacune par une succession de pixels, et à déduire desdits déplacements et desdites modifications brusques, un signal codé de sortie qui comprend, pour la séquence initiale et pour chacune des séquences suivantes du signal numérique qui commencent par
 - 30 une modification dans l'image vidéo représentée par le dit signal vidéo numérique, dans une trame donnée par rapport à la trame précédente,

d'une part, en début de séquence, ainsi que pour les pixels brusquement modifiés en valeur, au moins ladite trame ou lesdits pixels du dit signal numérique à coder d'entrée, sans modification, et

d'autre part, pendant toute la durée de la séquence jusqu'au début de la séquence suivante, une succession de paquets de bits de correction, représentatifs, pour chaque pixel d'une trame, de l'existence, respectivement de la non-existence, d'un déplacement de celui-ci entre la trame impliquée et la trame précédente, et dans le premier cas de l'amplitude quantifiée et de la direction orientée quantifiée du déplacement ; et

- en ce qui concerne la décompression, un ensemble de décodage (12B) pour décoder un signal numérique à décoder d'entrée, constitué par un signal codé résultant de la dite opération de codage, c'est-à-dire comportant pour chaque séquence au moins une première trame de signal numérique, non modifiée par ladite opération de codage, suivie par une succession de paquets de bits de correction, avec des pixels non modifiés, en un signal décodé de sortie, dans lequel a été rétablie la succession de trames correspondantes du signal numérique avant codage dans ladite opération de codage et qui est constitué par ladite première trame de signal numérique suivie par une succession de trames déduites de ladite première trame par rétablissement en position des pixels ayant subi un déplacement, en fonction du paquet de bits de correction correspondants.

7. Dispositif selon la revendication 6, caractérisé en ce que ledit ensemble de codage (12A), qui reçoit, en entrée, ledit signal numérique à coder d'entrée, comprend, pour traiter, trame par trame de chaque séquence, ledit signal et rechercher les déplacements et les modifications brusques des pixels :

des moyens (21a) pour réaliser sur celui-ci un traitement temporel, dans lequel on compare, pour chaque pixel, la valeur de celui-ci à sa valeur juste antérieure, lissée au moyen d'une « constante de temps » qu'on fait évaluer au cours du temps pour optimiser le lissage, afin de déterminer deux paramètres, significatifs de la variation temporelle de valeur du pixel, paramètres variables dans le temps et représentés par deux signaux numériques, à savoir un premier signal binaire *DP*, dont une première valeur représente le dépassement d'un seuil déterminé par ladite variation et une seconde valeur le non-dépassement de ce seuil par ladite variation, et un second signal numérique *CO*, à nombre réduit de bits, représentatif de la valeur instantanée, pour ledit pixel, de ladite constante de temps,

- des moyens (21b) pour réaliser un traitement spatial des valeurs, pour une trame donnée, desdits deux signaux numériques *DP* et *CO* pour déterminer les pixels en déplacement pour lesquels à la fois ledit premier signal *DP* présente ladite première valeur représentative de dépassement dudit seuil et ledit second signal *CO* varie d'une manière
- 5 significative entre pixels voisins,
- des moyens (12c) pour déduire, pour lesdits pixels en déplacement, l'amplitude et la direction orientée de celui-ci,
- des moyens (34) pour reconstituer ledit signal d'entrée par rétablissement en position des pixels ayant subi un déplacement, et
- 10 des moyens (39) de comparaison entre ledit signal numérique à coder d'entrée et ledit signal reconstitué pour déterminer les modifications.
8. Dispositif selon la revendication 6, caractérisé en ce que ledit ensemble de décodage (12B) comprend des moyens (203) pour faire circuler ledit signal numérique codé d'entrée en une boucle (50-51-52), dont la durée de parcours par ledit signal est égal à la durée
- 15 d'une trame de ce signal, des moyens pour faire défiler ledit signal, au cours de son parcours de ladite boucle, à travers une matrice (50) de positions de pixels dont le nombre de rangées, d'une part, et le nombre de colonnes, d'autre part, est au moins égal à $2n+1$, en désignant par n le nombre de niveaux de quantification de l'amplitude du déplacement, l'introduction du dit signal dans ladite boucle ayant lieu en une position centrale (60) de
- 20 ladite matrice (50), des moyens (70) pour ramener, après défilement de ladite première trame de chaque séquence, dans ladite position centrale (60) un pixel dudit signal, en défilement dans la dite matrice, qui a subi un déplacement entre la trame impliquée et la trame précédente, en fonction du paquet de bits de correction relatif à ce pixel, pour rétablir ainsi les trames successives des séquences telles qu'elles étaient avant leur codage
- 25 dans l'opération de codage, et des moyens pour extraire de la dite boucle, en une position (35) située en aval, dans le sens du défilement, de ladite position centrale (60), les trames successives ainsi rétablies.
9. Dispositif selon la revendication 6 ou 7, caractérisé en ce que ledit ensemble de codage est disposé entre un ensemble de codage préliminaire, constitué par un filtre à ondelettes
- 30 (11), qui code un signal vidéo numérique d'entrée en un signal numérique à mosaïques d'images successives, qui constitue le signal d'entrée pour ladite opération de codage, et un ensemble de compression (13) d'un flot de signaux binaires pour obtenir la réduction du nombre des signaux binaires dans ledit signal de sortie de ladite opération de codage, par

suppression de la majorité des signaux binaires dudit flot ayant une valeur déterminée parmi les deux valeurs possibles de tels signaux.

10. Dispositif selon la revendication 6 ou 8, caractérisé en ce que ledit ensemble de décodage est disposé entre un ensemble de décompression (13) de signaux binaires compressés qui reconstitue le flot de signaux binaires correspondant avant suppression, dans le dit ensemble de compression, de la majorité des signaux binaires ayant une valeur déterminée, et un ensemble de décodage constitué par un filtre à ondelettes (11) fonctionnant en inverse, qui reconstitue, à partir d'ondelettes représentant sous la forme de mosaïques d'images un signal vidéo numérique, ledit signal vidéo numérique.

10 11. Procédé de compression d'un signal vidéo numérique formé par une succession de trames correspondantes, constituées chacune par une succession de pixels,

qui comprend une opération de codage préliminaire dudit signal vidéo utilisant une analyse par ondelettes, qui favorise la transmissions des contours des images successives représentées par ledit signal, pour obtenir une succession de signaux numériques codés codant ledit signal sous la forme d'une succession de mosaïques d'images, et une opération de compression d'un flot de signaux binaires pour obtenir la réduction du nombre des signaux binaires par suppression de la majorité des signaux binaires dans ledit flot ayant une valeur déterminée parmi les deux valeurs possibles de tels signaux, et

20 qui est caractérisé en ce qu'il comprend, en outre, au moins en ce qui concerne la composante de luminance dans ledit signal vidéo, une opération de codage supplémentaire, appliquée à la succession de signaux numériques codés à mosaïque d'images résultant de ladite opération de codage préliminaire, qui est sensible aux déplacements des contours dans lesdites images successives et qui consiste, pour chaque pixel d'une trame,

- 25 • à déduire, de ladite succession de signaux codés à mosaïque d'images, un paquet de signaux binaires représentatifs d'un déplacement ou d'un non-déplacement du pixel entre la trame impliquée et les trames antérieures, ainsi que de l'amplitude et de la direction orientée du déplacement, s'il y a déplacement,
- à rétablir en position le pixel s'il a subi un déplacement,
- à vérifier si le pixel rétabli en position en cas de déplacement est en conformité ou en non-conformité avec le pixel correspondant de la trame impliquée,
- 30 • à mémoriser le résultat de cette vérification, et

- à transférer à ladite opération de compression soit ledit paquet de signaux représentatifs en cas de conformité soit le signal codé à mosaïque d'images provenant de ladite opération de codage préliminaire en cas de non-conformité;

12. Dispositif de compression d'un signal vidéo numérique formé par une succession de
5 trames correspondantes, constituées chacune par une succession de pixels,

qui comprend au moins un filtre à ondelettes (11) de codage préliminaire dudit signal vidéo numérique réalisant une analyse par ondelettes, qui favorise la transmissions des contours des images successives représentées par ledit signal, pour obtenir une succession de signaux numériques codés codant ledit signal sous la forme d'une succession de
10 mosaïques d'images, et un ensemble de compression (13) d'un flot de signaux binaires pour obtenir la réduction du nombre des signaux binaires par suppression de la majorité des signaux binaires dudit flot ayant une valeur déterminée parmi les deux valeurs possibles de tels signaux, et

qui est caractérisé en ce qu'il comprend, en outre, au moins en ce qui concerne la
15 composante de luminance dans ledit signal vidéo, un ensemble de codage supplémentaire (12A), dont l'entrée (20) est connectée à la sortie (16) du dit filtre à ondelettes (11) et dont la sortie (24) est connectée à l'entrée du dit ensemble de compression, cet ensemble étant sensible aux déplacements des contours dans lesdites images successives représentées par ladite succession de signaux codés à mosaïque d'images reçus en entrée et comprenant,
20 pour traiter chaque pixel d'une trame,

- des moyens (21) pour déduire, de ladite succession de signaux codés à mosaïque d'images, un paquet de signaux binaires représentatifs d'un déplacement ou d'un non-déplacement du pixel entre la trame impliquée et les trames antérieures, ainsi que de l'amplitude et de la direction orientée du déplacement s'il y a déplacement,

- des moyens (34) pour rétablir en position le pixel s'il a subi un déplacement,
- des moyens (39) pour vérifier si le pixel rétabli en position en cas de déplacement est en conformité ou en non-conformité avec le pixel correspondant de la trame impliquée,

- des moyens (34a) pour mémoriser le résultat de cette vérification, et

- des moyens (40) pour transférer au dit ensemble de compression soit ledit paquet de signaux représentatifs en cas de conformité soit le signal codé à mosaïque d'images provenant dudit filtre à ondelettes en cas de non-conformité.

13. Procédé de décompression d'un flot de signaux binaires compressés résultant de la mise en œuvre du procédé de compression selon la revendication 11, afin de reconstituer sensiblement le signal vidéo numérique compressé formé par une succession de trames correspondantes, constituées chacune par une succession de pixels,

5 qui comprend une opération de décompression desdits signaux binaires compressés qui reconstitue ledit flot de signaux binaires avant suppression, dans ladite opération de compression, de la majorité des signaux binaires ayant une valeur déterminée, et une opération de décodage final reconstituant, à partir d'une succession de signaux du type à mosaïques d'images, un signal vidéo numérique forme par une succession de trames,
10 constituées chacune par une succession de pixels, et

 qui est caractérisé en ce qu'il comprend, en outre, une opération de décodage préliminaire qui est appliquée au dit flot de signaux binaires décompressés reconstitué et qui, à partir dudit flot de signaux binaires décompressés reçu

15 • fait initialement circuler en une boucle, à partir d'une position d'entrée sur cette boucle, un signal, dudit flot, du type à mosaïque d'images correspondant à une première trame du signal vidéo à reconstituer et résultant de ladite opération de décompression.

20 • repositionne, dans ladite boucle, les pixels ayant subi un déplacement signalé par un groupe de signaux numériques représentant, dans ledit flot de signaux binaires reconstitué, l'amplitude et la direction orientée du déplacement, résultant également de ladite opération de décompression,

 • remplace les signaux du type à mosaïque d'image en circulation dans ladite boucle par les nouveaux signaux de ce type lorsqu'ils se présentent,

25 • transmet à l'opération de décodage final, à partir d'une position de sortie sur cette boucle située en aval de la dite position d'entrée, les signaux du type à mosaïque d'images circulant dans la boucle, après repositionnement éventuel .

14. Dispositif de décompression d'un flot de signaux binaires compressés résultant de la mise en œuvre du dispositif de compression selon la revendication 12, afin de reconstituer sensiblement le signal vidéo numérique compressé formé par une succession de trames
30 correspondantes, constituées chacune par une succession de pixels,

 qui comprend un ensemble de décompression (13/DP) desdits signaux binaires compressés qui reconstitue ledit flot de signaux binaires avant suppression, dans ledit ensemble de compression (13/CP), de la majorité des signaux binaires ayant une valeur

déterminée, et un ensemble de décodage constitué par un filtre à ondelettes (11) fonctionnant en inverse, qui reconstitue, à partir d'ondelettes représentant sous la forme de mosaïques d'images un signal vidéo numérique, ledit signal vidéo numérique, et

qui est caractérisé en ce qu'il comprend, en outre, un ensemble de décodage (12B) préliminaire, dont l'entrée (36') est connectée à la sortie (36) dudit ensemble de décompression et dont la sortie (17') est connectée à l'entrée inverse (17) dudit filtre à ondelettes, qui comporte

- une boucle (50-51-52) dont l'entrée (34c) reçoit, dudit ensemble de décompression, ledit flot de signaux binaires reconstitué, qui débute par un signal du type à mosaïque d'images correspondant à une première trame du signal vidéo à reconstituer et qui circule sous la forme d'un signal du type à mosaïque d'images, la durée de parcours de ladite boucle par le dit signal étant égale à la durée d'une trame du signal vidéo à reconstituer,

- des moyens pour repositionner, dans ladite boucle, les pixels ayant subi un déplacement signalé par un groupe de signaux numériques représentant, dans ledit flot de signaux numériques reconstitué, l'amplitude et la direction du déplacement,

- des moyens pour remplacer les signaux du type à mosaïque d'image en circulation dans la boucle par les nouveaux signaux de ce type lorsqu'ils se présentent, et

- des moyens pour transmettre à l'opération de décodage final, à partir d'une sortie (35) en aval de la dite entrée (34c), les signaux du type à mosaïque d'images circulant dans la boucle, après repositionnement éventuel.

15. Procédé de codage supplémentaire de données numériques résultant d'une opération de codage préliminaire qui effectue une analyse par ondelettes d'au moins la composante luminance d'un signal vidéo numérique représentatif d'une succession de trames correspondantes, constituées chacune par une succession de pixels, en favorisant la transmission des contours dans ladite succession de trames, pour obtenir une succession de signaux codés représentatifs de trames composites à mosaïques d'images, ledit procédé, qui est sensible aux déplacements desdits contours dans ladite succession de trames composites et a pour effet de permettre une compression plus poussée d'un flot de signaux binaires dans une opération ultérieure de compression réduisant le nombre de signaux binaires par suppression de la majorité des signaux binaires, dans ledit flot, ayant une valeur déterminée parmi les deux valeurs possibles de tels signaux, étant caractérisé en ce qu'il consiste, pour chaque pixel d'une trame,

- à déduire, de ladite succession de signaux codés à mosaïque d'images, un paquet de signaux binaires représentatifs d'un déplacement ou d'un non-déplacement du pixel entre la trame impliquée et les trames antérieures, ainsi que de l'amplitude et de la direction orientée du déplacement s'il y a déplacement,

- 5
- à rétablir en position le pixel s'il a subi un déplacement,
 - à vérifier si le pixel rétabli en position en cas de déplacement est en conformité ou en non-conformité avec le pixel correspondant de la trame impliquée,
 - à mémoriser le résultat de cette vérification, et
 - à transférer à ladite opération de compression soit ledit paquet de signaux représentatifs en cas de conformité soit le signal codé à mosaïque d'images provenant
- 10 de ladite opération de codage préliminaire en cas de non-conformité;

16. Procédé de codage supplémentaire selon la revendication 15, caractérisé en ce que ledit paquet de signaux binaires à partir de ladite succession de signaux codés à mosaïque d'image en effectuant successivement, trame par trame,

- 15
- un traitement temporel, dans lequel on compare, pour chaque pixel, la valeur de celui-ci à sa valeur juste antérieure, lissée au moyen d'une « constante de temps » qu'on fait évoluer au cours du temps pour optimiser le lissage, afin de déterminer deux paramètres, significatifs de la variation temporelle de valeur du pixel, paramètres variables dans le temps et représentés par deux signaux numériques, à savoir un
- 20 premier signal binaire *DP*, dont une première valeur représente le dépassement d'un seuil déterminé par ladite variation et une seconde valeur le non-dépassement de ce seuil par ladite variation, et un second signal numérique *CO*, à nombre réduit de bits, représentatif de la valeur instantanée, pour ledit pixel, de ladite constante de temps,
- 25
- un traitement spatial des valeurs, pour une trame donnée, desdits deux signaux numériques *DP* et *CO* pour déterminer les pixels en déplacement pour lesquels à la fois ledit premier signal *DP* présente ladite première valeur représentative de dépassement dudit seuil et ledit second signal *CO* varie d'une manière significative entre pixels voisins, et
- 30
- un traitement pour déduire, pour lesdits pixels en déplacement, l'amplitude et la direction orientée de celui-ci.

17. Procédé de décodage préliminaire de données numériques apte à traiter un flot de signaux binaires en provenance d'une opération de décompression de données consistant à restituer, à partir du flot de signaux binaires compressés résultant de la mise en œuvre du

procédé de compression selon la revendication 11, le flot de signaux binaires avant suppression, dans l'opération de compression précisée ci-dessus, de la majorité des signaux binaires ayant une valeur numérique déterminée, et à fournir, à une opération de décodage final rétablissant, à partir d'une succession de signaux à mosaïques d'images un signal vidéo numérique formé par une succession de trames, constituées chacune par une succession de pixels, caractérisé en ce que, à partir du flot de signaux binaires décompressés reçu, il consiste à

- faire initialement circuler en une boucle, à partir d'une position d'entrée sur cette boucle, un signal, dudit flot, du type à mosaïque d'images correspondant à une première trame du signal vidéo à reconstituer et résultant de ladite opération de décompression, la durée de parcours de ladite boucle par ledit flot étant égale à la durée d'une trame du signal vidéo à reconstituer
- repositionner, dans ladite boucle, les pixels ayant subi un déplacement signalé par un groupe de signaux numériques représentant, dans ledit flot de signaux numériques reconstitué, l'amplitude et la direction orientée du déplacement,
- remplacer les signaux à mosaïque d'images en circulation dans ladite boucle pour les nouveaux signaux de ce type lorsqu'ils se présentent, et
- transmettre à l'opération de décodage final, à partir d'une position de sortie sur cette boucle située en aval de la dite position d'entrée, les signaux à mosaïques d'images circulant dans la boucle, après repositionnement éventuel.

18. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1, 2, 3, 4, 5, 7, 11, 13, 15, et 17, caractérisé en ce que ledit paquet de signaux numériques de correction mis en œuvre, pour chaque pixel, dans les opérations de compression ou de décompression selon l'invention comprend quatre groupes de signaux, le premier étant constitué par un seul signal binaire dont l'une des deux valeurs possibles représente une modification d'ensemble des images entre une trame et la trame précédente et l'autre valeur une non-modification d'ensemble, le deuxième étant également constitué par un seul signal binaire dont l'une des deux valeurs possible représente un déplacement pour le pixel et l'autre valeur un non-déplacement et dont les deux autres groupes sont constitués par des signaux numériques à petit nombre de bits et représentent l'un l'amplitude quantifiée et l'autre la direction orientée quantifiée du déplacement lorsqu'il existe.

19. Procédé selon la revendication 18, caractérisé en ce que

- la dite opération de codage supplémentaire comprend la détermination, pour chaque pixel d'une trame, d'un paquet de quatre groupes de signaux du type précité, d'une part, en comparant la valeur du pixel dans la trame en cours de traitement et dans les trames antérieures pour déterminer s'il y a déplacement, donc la première valeur pour le signal binaire dudit deuxième groupe, ou non-déplacement, donc la deuxième valeur pour ce signal binaire, et pour déterminer, en cas de déplacement, l'amplitude et la direction orientée quantifiées du déplacement, donc la valeur des signaux dans lesdits autres groupes, ces signaux ayant tous deux la valeur nulle en cas de non-déplacement du pixel, et, d'autre part, en comparant les valeurs d'un pixel en une position prédéterminée dans une trame avec celle du pixel en même position dans la trame juste antérieure et en vérifiant si la différence entre ces deux valeurs, en valeur absolue dépasse ou non un seuil prédéterminé, ce qui détermine la valeur, parmi les deux valeurs possibles, du signal binaire dudit premier groupe ;
- tandis que ladite opération de décodage préliminaire consiste
- à faire normalement circuler, en ladite boucle, initialement un signal numérique décompressé du type une succession de signaux à mosaïque d'images se présentant en entrée et représentant une trame du signal vidéo numérique à reconstituer, lorsqu'elle se présente, et ceci sans modification jusqu'à l'arrivée d'un paquet subséquent de quatre groupes de signaux numériques du type précité qui signalent un déplacement pour une partie des pixels,
 - à restaurer, dans la trame circulant en boucle, la position des pixels pour lesquels un déplacement est signalé par la valeur du signal dudit deuxième groupe, cette restauration en position étant déterminé par les valeurs desdits deux autres groupes de signaux binaires dudit paquet indiquant l'amplitude et la direction orientée du déplacement, et ceci jusqu'à l'arrivée d'une nouvelle trame de signaux numériques à mosaïque d'images,
 - à recommencer sur cette nouvelle trame les opérations successives de circulation en boucle et de restauration en position des pixels ayant subi un déplacement, et
 - à extraire, à l'aval de l'entrée, pour les transférer à ladite opération de décodage final, les signaux circulant dans la dite boucle, qui sont constitués, en aval de cette entrée, uniquement par des signaux à mosaïque d'images.
20. Procédé selon la revendication 19, caractérisé en ce que pour ladite opération de décodage préliminaire, on prévoit, dans ladite boucle une matrice carrée dont le nombre

impair de lignes et le nombre de colonnes sont inférieurs respectivement au nombre de lignes et au nombre de colonnes d'une trame des signaux vidéos à reconstituer, ces deux nombres étant supérieurs d'au moins une unité au nombre de niveaux de quantification de ladite amplitude du déplacement, et à travers laquelle circulent les signaux en provenance de ladite opération de décompression, et on réalise la restauration en position des pixels ayant subi un déplacement en effectuant pour ceux-ci, dans ladite matrice, une translation en sens inverse dont l'amplitude et la direction orientée quantifiées sont indiquées par les valeurs numériques desdits deux autres groupes de signaux.

21. Dispositif de codage supplémentaire de données numériques, débités en sortie par un filtre à ondelettes (11) de codage préliminaire recevant en entrée (20) au moins la composante de luminance d'un signal vidéo numérique représentatif d'une succession de trames correspondantes, constituées chacune par une succession de pixels, en favorisant la transmission des contours dans ladite succession de trames, pour obtenir une succession de signaux codés représentatifs de trames composites à mosaïque d'images, ledit dispositif, qui est sensible aux déplacements desdits contours dans ladite succession de trames composites et a pour effet de permettre une compression plus poussée d'un flot de signaux binaires dans un ensemble de compression (13) réduisant le nombre de signaux binaires par suppression de la majorité des signaux binaires, dans ledit flot, ayant une valeur déterminée parmi les deux valeurs possibles de tels signaux, étant caractérisé en ce qu'il comporte en combinaison :

- a) des moyens (21) pour coder lesdits signaux numériques, pixel par pixel, en fonction de la variation de valeur de chaque pixel entre la trame traitée et les trames antérieures en mettant en œuvre pour chaque pixel, un bloc de quatre signaux numériques dont
 - le premier, qui est un signal binaire, représente, par ses deux valeurs possibles, soit la nécessité de correction d'ensemble soit la non-nécessité d'une telle correction,
 - le deuxième, qui est également un signal binaire, apparaît uniquement lorsque ledit premier signal représente la non-nécessité de correction d'ensemble et il représente alors, par ses deux valeurs possibles, soit un déplacement soit un non-déplacement, et
 - les deux autres, qui sont deux signaux numériques à nombre réduit de bits, apparaissent uniquement lorsque ledit premier signal représente la non-nécessité de correction et il représentent alors l'un l'amplitude et l'autre la direction orientée quantifiées du déplacement dans une zone de la trame composite impliquée ;

b) des moyens (CP) pour déterminer si la proportion, dans chaque trame successive, du nombre de pixels pour lesquels ledit premier signal binaire a la valeur représentative d'une nécessité de correction par rapport au nombre total de pixels dans la trame, dépasse un pourcentage déterminé ; et

5 c) des moyens (40) pour transmettre, trame par trame, au dit ensemble de compression finale

- si ledit pourcentage n'est pas dépassé : ledit bloc de quatre signaux relatif au pixel concerné,

10 - si ledit pourcentage est dépassé : le signal numérique codé débité par ledit filtre à ondelettes relatif au pixel concerné dans une trame antérieure.

22. Dispositif de codage supplémentaire selon la revendication 21, caractérisé en ce que les dits moyens (21) pour coder les dits signaux numériques comportent

15 • des moyens (21a) de traitement temporel dans lequel on compare, pour chaque pixel, la valeur de celui-ci à sa valeur juste antérieure, lissée au moyen d'une « constante de temps » qu'on fait évoluer au cours du temps pour optimiser le lissage, afin de déterminer deux paramètres, significatifs de la variation temporelle de valeur du pixel, paramètres variables dans le temps et représentés par deux signaux numériques, à savoir un premier signal binaire *DP*, dont une première valeur représente le dépassement d'un seuil déterminé par ladite variation et une seconde valeur le non-

20 dépassement de ce seuil par ladite variation, et un second signal numérique *CO*, à nombre réduit de bits, représentatif de la valeur instantanée, pour ledit pixel, de ladite constante de temps,

25 • des moyens (21b) de traitement spatial des valeurs, pour une trame donnée, desdits deux signaux numériques *DP* et *CO* pour déterminer les pixels en déplacement pour lesquels à la fois ledit premier signal *DP* présente ladite première valeur représentative de dépassement dudit seuil et ledit second signal *CO* varie d'une manière significative entre pixels voisins, et

30 • des moyens (21c) pour déduire, pour lesdits pixels en déplacement, d'une part, ladite première valeur, représentative d'un déplacement, pour ledit deuxième signal binaire et, d'autre part, les valeurs numériques des dits deux autres groupes numériques parmi lesdits quatre groupes de signaux numériques, en cas de déplacement.

23. Dispositif de décodage préliminaire de données numériques, apte à traiter un flot de signaux binaires, reçus en entrée (36') à partir d'un ensemble (13) de décompression de

données et constitués par la décompression de signaux ayant subi une compression dans un dispositif selon la revendication 21 ou 22, par suppression de la majorité des signaux binaires ayant une valeur numérique déterminée, pour débiter en sortie (17'), pour traitement dans un filtre à ondelettes (11) fonctionnant en inverse, un signal vidéo numérique formé par une succession de trames, constituées et caractérisé en ce qu'il comprend, pour traiter le flot de signaux numériques reçus en entrée à partir dudit ensemble de décompression, un ensemble de décodage (12b) en déplacement apte à restituer, sur l'entrée décodage (17) dudit filtre à ondelettes fonctionnant en inverse, une succession de signaux décodés en déplacement, mais codés en trames composites.

24. Dispositif selon la revendication 23, caractérisé en ce que ledit ensemble (12B) de décodage en déplacement comprend en combinaison :

- des moyens (50-51-52) pour faire normalement circuler, en une boucle, une trame des signaux numériques représentatif d'une trame de signaux composites à mosaïque d'images constituant le début d'un plan, se présentant en entrée, tant que les deux signaux binaires représentent simultanément une absence de correction et une absence de mouvement, la durée de parcours de ladite boucle étant égale à la durée d'une trame,
- des moyens (203) pour substituer, dans ladite boucle, à au moins un pixel de cette trame en circulation, une nouvelle valeur de pixel, au cas où ledit deuxième signal binaire de correction indique la nécessité d'une correction, pour ledit au moins un pixel, cette nouvelle valeur résultant d'une remise en position du pixel ayant subi un déplacement dont l'amplitude et la direction orientée quantifiées sont indiquées par lesdits deux autres signaux dudit paquet de quatre signaux,
- des moyens pour effectuer, dans une matrice carrée (50), dont le nombre impair de lignes et de colonnes est plus petit que le nombre de lignes et de colonnes d'une trame, ces deux nombres étant supérieurs d'au moins une unité que le nombre de niveaux de quantification de ladite amplitude de déplacement, et à travers laquelle circulent lesdits signaux composites à mosaïque d'images, au cas où ledit premier signal binaire de correction indique une absence de correction tandis que ledit deuxième signal binaire de déplacement indique un déplacement, une opération de translation des pixels en déplacement dans ladite matrice depuis leur position jusqu'à la position centrale (60) de pixel à l'intérieur ladite matrice, et

- des moyens pour extraire (en 35) les signaux circulant dans ladite boucle, en aval de l'entrée (en 34c) dans ladite boucle, et qui sont constitués par des signaux du type à mosaïque d'images.

25. Procédé intégré de compression de caractérisé en ce qu'il comporte successivement
5 une opération d'analyse par ondelettes effectuant un codage préliminaire, une opération de codage en déplacement par le procédé de codage supplémentaire selon la revendication 15 ou 16 et une opération de compression finale
26. Dispositif intégré de compression de données caractérisé en ce qu'il comporte le
10 dispositif de codage supplémentaire selon la revendication 21 ou 22 entre un filtre à ondelettes (11) et un ensemble (13) de compression finale .
27. Procédé intégré de décompression de données caractérisé en ce qu'il comporte successivement une opération de décompression initiale, une opération de décodage préliminaire en déplacement suivant le procédé de la revendication 19 ou 20 et une opération d'analyse par ondelettes opérant en inverse.
- 15 28. Dispositif intégré de décompression de données caractérisé en ce qu'il comporte le dispositif de décompression supplémentaire selon la revendication 23 ou 24 entre un ensemble de décompression initiale (13) et un filtre à ondelettes (11) fonctionnant en inverse.
29. Procédé tant de compression d'un signal vidéo numérique formé par une succession de
20 trames correspondantes, constituées chacune par une succession de pixels, que de décompression de signaux numériques compressés par un tel procédé de compression, ce procédé de compression et de décompression , qui comprend,
 - pour la compression, une opération de codage préliminaire dudit signal vidéo utilisant une analyse par ondelettes, qui favorise la transmissions des contours des images
25 successives représentées par ledit signal, pour obtenir une succession de signaux numériques codés codant ledit signal sous la forme d'une succession de mosaïques d'images, et une opération de compression d'un flot de signaux binaires pour obtenir la réduction du nombre des signaux binaires par suppression de la majorité des signaux binaires dans ledit flot ayant une valeur déterminée parmi les deux valeurs possibles de
30 tels signaux, et
 - et pour la décompression, une opération de décompression desdits signaux binaires compressés qui reconstitue ledit flot de signaux binaires avant suppression, dans ladite opération de compression, de la majorité des signaux binaires ayant une valeur

déterminée, et une opération de décodage final reconstituant, à partir d'une succession de signaux du type à mosaïques d'images, un signal vidéo numérique formé par une succession de trames, constituées chacune par une succession de pixels, et

et qui est caractérisé en ce que,

- 5 - pour la compression, il comprend, en outre, au moins en ce qui concerne la composante de luminance dans ledit signal vidéo, une opération de codage supplémentaire, appliquée à la succession de signaux numériques codés à mosaïque d'images résultant de ladite opération de codage préliminaire, qui est sensible aux déplacements des contours dans lesdites images successives et qui consiste, pour chaque pixel d'une
 - 10 trame,
 - à déduire, de ladite succession de signaux codés à mosaïque d'images, un paquet de signaux binaires représentatifs d'un déplacement ou d'un non-déplacement du pixel entre la trame impliquée et les trames antérieures, ainsi que de l'amplitude et de la direction orientée du déplacement, s'il y a déplacement,
 - 15 • à rétablir en position le pixel s'il a subi un déplacement,
 - à vérifier si le pixel rétabli en position en cas de déplacement est en conformité ou en non-conformité avec le pixel correspondant de la trame impliquée,
 - à mémoriser le résultat de cette vérification, et
 - à transférer à ladite opération de compression soit ledit paquet de signaux représentatifs en cas de conformité soit le signal codé à mosaïque d'images provenant de ladite opération de codage préliminaire en cas de non-conformité ;
 - 20 - et pour la décompression, il comprend, en outre une opération de décodage préliminaire qui est appliquée au dit flot de signaux binaires décompressés reconstitué et qui, à partir dudit flot de signaux binaires décompressés reçu
 - 25 • fait initialement circuler en une boucle, à partir d'une position d'entrée sur cette boucle, un signal, dudit flot, du type à mosaïque d'images correspondant à une première trame du signal vidéo à reconstituer et résultant de ladite opération de décompression.
 - repositionne, dans ladite boucle, les pixels ayant subi un déplacement signalé par un groupe de signaux numériques représentant, dans ledit flot de signaux binaires reconstitué, l'amplitude et la direction orientée du déplacement, résultant également de ladite opération de décompression,
 - 30

- remplace les signaux du type à mosaïque d'image en circulation dans ladite boucle par les nouveaux signaux de ce type lorsqu'ils se présentent,
- transmet à l'opération de décodage final, à partir d'une position de sortie sur cette boucle située en aval de la dite position d'entrée, les signaux du type à mosaïque d'images circulant dans la boucle, après repositionnement éventuel.

30. Procédé selon la revendication 29, caractérisé en ce qu'il comprend, pour la compression

- le codage préliminaire de la succession des signaux vidéo numériques à compresser en une succession de signaux numériques codés correspondant au balayage, dans chaque trame, du diagramme de Mallat et constituant la mosaïque d'images, au moyen d'un filtre à ondelettes,
- la compression finale, au moyen d'un ensemble de compression – décompression, à quantificateur adaptatif, codeur type *RCL* et codeur *CH*, type codeur de Huffman, fonctionnant en compression,

31. Procédé selon la revendication 29, caractérisé en ce qu'il comprend, pour la décompression,

- la décompression, au moyen dudit ensemble de compression – décompression fonctionnant en décompression,
- le décodage, au moyen dudit filtre à ondelettes fonctionnant en inverse.

32. Procédé selon la revendication 29 ou 30, caractérisé en ce que, dans la compression, on réalise l'opération de codage préliminaire de la succession de signaux numériques codés résultant du balayage d'une trame composite à mosaïque d'images en réalisant successivement sur cette succession, trame par trame,

- un traitement temporel, dans lequel on compare, pour chaque pixel, la valeur de celui-ci à sa valeur juste antérieure, lissée au moyen d'une « constante de temps » qu'on fait évoluer au cours du temps pour optimiser le lissage, afin de déterminer deux paramètres, significatifs de la variation temporelle de valeur du pixel, paramètres variables dans le temps et représentés par deux signaux numériques, à savoir un premier signal binaire *DP*, dont une première valeur représente le dépassement d'un seuil déterminé par ladite variation et le second le non-dépassement de ce seuil par ladite variation, et un second signal numérique *CO*, à nombre réduit de bits, représentatif de la valeur instantanée, pour ledit pixel, de ladite constante de temps,

- un traitement spatial des valeurs, pour une trame donnée, desdits deux signaux numériques représentatifs des paramètres *DP* et *CO* pour déterminer les pixels en déplacement pour lesquels à la fois ledit premier signal *DP* présente ladite première valeur représentative de dépassement et ledit second signal *CO* varie d'une manière significative entre pixels voisins, et
- on déduit, pour lesdits pixels en déplacement, d'une part, ladite première valeur, représentative d'un déplacement, pour ledit autre signal binaire et, d'autre part, les valeurs numériques des deux groupes numériques, parmi lesdits quatre groupes de signaux numériques .

33. Procédé selon la revendication 29 ou 31, caractérisé en ce que, dans la décompression, on réalise la décompression finale de la succession de signaux numériques en provenance de l'opération de décompression initiale, pour obtenir une succession de signaux numériques correspondant au balayage d'une trame composite à mosaïque d'images par un traitement consistant

- à faire normalement circuler, en une boucle, une trame desdits signaux numériques en provenance de l'opération de décompression initiale, tant que les deux signaux binaires représentent simultanément une absence de correction et une absence de mouvement,
- à substituer, dans ladite boucle, à cette trame en circulation, une nouvelle trame qui arrive de ladite opération de décompression initiale, au cas où le signal binaire de correction indique la nécessité d'une correction,
- à effectuer, dans une matrice carrée, dont le nombre impair de lignes et de colonnes est plus petit que le nombre de lignes et de colonnes d'une trame, ces deux nombres étant supérieurs d'au moins une unité au nombre de niveaux de quantification de ladite amplitude du déplacement, et à travers laquelle circulent lesdits signaux décompressés, au cas où ledit signal binaire de correction indique une absence de correction tandis que ledit autre signal binaire de déplacement indique un déplacement, une opération de translation des pixels en déplacement dans ladite matrice depuis leur position jusqu'à la position centrale de pixel à l'intérieur de ladite matrice, et
- à effectuer une extraction des signaux circulant dans ladite boucle en aval de l'entrée des signaux en provenance de ladite opération de décompression initiale.

34. Dispositif tant de compression d'un signal vidéo numérique formé par une succession de trames correspondantes, constituées chacune par une succession de pixels, que de décompression de signaux numériques compressés dans un dispositif de ce type fonctionnant en compression, ce dispositif de compression et de décompression

5 comprenant :

- pour la compression, au moins un filtre à ondelettes (11) de codage préliminaire dudit signal vidéo numérique réalisant une analyse par ondelettes, qui favorise la transmissions des contours des images successives représentées par ledit signal, pour obtenir une succession de signaux numériques codés codant ledit signal sous la forme
- 10 d'une succession de mosaïques d'images, et un ensemble (13/CP) de compression d'un flot de signaux binaires pour obtenir la réduction du nombre des signaux binaires par suppression de la majorité des signaux binaires dudit flot ayant une valeur déterminée parmi les deux valeurs possibles de tels signaux,
- et, pour la décompression, un ensemble de décompression (13/DP) desdits signaux
- 15 binaires compressés qui reconstitue ledit flot de signaux binaires avant suppression, dans ledit ensemble de compression, de la majorité des signaux binaires ayant une valeur déterminée, et un ensemble de décodage constitué par un filtre à ondelettes fonctionnant en inverse, qui reconstitue, à partir d'ondelettes représentant sous la forme de mosaïques d'images un signal vidéo numérique, ledit signal vidéo numérique,

20 et caractérisé en ce que

- pour la compression, il comprend, en outre, au moins en ce qui concerne la composante de luminance dans ledit signal vidéo, un ensemble de codage supplémentaire (12A), dont l'entrée (20) est connectée à la sortie (16) du dit filtre à ondelettes (11) et dont la sortie (24) est connectée à l'entrée (25) du dit ensemble de compression (13/CP), cet
- 25 ensemble de codage supplémentaire étant sensible aux déplacements des contours dans lesdites images successives représentées par ladite succession de signaux codés à mosaïque d'images reçus en entrée et comprenant, pour traiter chaque pixel d'une trame,
 - des moyens (21) pour déduire, de ladite succession de signaux codés à mosaïque
 - 30 d'images, un paquet de signaux binaires représentatifs d'un déplacement ou d'un non-déplacement du pixel entre la trame impliquée et les trames antérieures, ainsi que de l'amplitude et de la direction orientée quantifiées du déplacement s'il y a déplacement,
 - des moyens (34) pour rétablir en position le pixel s'il a subi un déplacement,

- des moyens (39) pour vérifier si le pixel rétabli en position en cas de déplacement est en conformité ou en non-conformité avec le pixel correspondant de la trame impliquée,
 - des moyens pour mémoriser le résultat de cette vérification, et
 - 5 • des moyens (40) pour transférer au dit ensemble de compression (13/CP) soit ledit paquet de signaux représentatifs en cas de conformité soit le signal codé à mosaïque d'images provenant du dit filtre à ondelettes en cas de non-conformité;
 - et, pour la décompression, il comprend, en outre, un ensemble de décodage préliminaire dont l'entrée est connectée à la sortie dudit ensemble de décompression et dont la sortie est connectée à l'entrée inverse dudit filtre à ondelettes, qui comprend
 - 10 • une boucle (50-51-52) dont l'entrée (34c) reçoit, dudit ensemble de décompression (13/DP), ledit flot de signaux binaires reconstitué, qui débute par un signal du type à mosaïque d'images correspondant à une première trame du signal vidéo à reconstituer et qui circule sous la forme d'un signal du type à mosaïque d'images, la durée de parcours de ladite boucle par le dit signal étant égale à la durée d'une trame du signal vidéo à reconstituer,
 - 15 • des moyens (70) pour repositionner, dans ladite boucle, les pixels ayant subi un déplacement signalé par un groupe de signaux numériques représentant, dans ledit flot de signaux numériques reconstitué, l'amplitude et la direction du déplacement,
 - 20 • des moyens (203) pour remplacer les signaux du type à mosaïque d'image en circulation dans la boucle par les nouveaux signaux de ce type lorsqu'ils se présentent, et
 - des moyens pour transmettre à l'opération de décodage final, à partir d'une sortie (35) en aval de la dite entrée, les signaux du type à mosaïque d'images circulant dans la
 - 25 boucle, après repositionnement éventuel.
35. Dispositif selon la revendication 34, caractérisé en ce que, pour la compression, ledit ensemble de codage supplémentaire comporte
- des moyens de traitement temporel (21a) pour comparer, pour chaque pixel, la valeur de celui-ci à sa valeur juste antérieure, lissée au moyen d'une « constante de
 - 30 temps » qu'on fait évoluer au cours du temps pour optimiser le lissage, afin de déterminer deux paramètres, significatifs de la variation temporelle de la valeur du pixel, paramètres variables dans le temps et représentés par deux signaux numériques, à savoir un premier signal binaire *DP*, dont une première valeur

représente le dépassement d'un seuil déterminé par ladite variation et la seconde valeur le non-dépassement de ce seuil par ladite variation, et un second signal numérique *CO*, à nombre réduit de bits, représentatif de la valeur instantanée, pour ledit pixel, de ladite constante de temps,

- 5 • des moyens de traitement spatial (21b) des valeurs, pour une trame donnée, des signaux numériques représentatifs des paramètres *DP* et *CO*, pour déterminer les zones en déplacement dans lesquelles à la fois ledit premier signal *DP* présente ladite première valeur représentative de dépassement et ledit second signal *CO* varie d'une manière significative entre pixels voisins, ces deux traitements
- 10 temporel et spatial étant réalisés comme décrit dans les demandes de brevet, française et internationale, précitées; et
- des moyens (21c) pour déduire, desdites zones en déplacement, d'une part, ladite première valeur, représentative d'un déplacement, pour ledit deuxième signal binaire et, d'autre part, les valeurs numériques des deux groupes numériques parmi
- 15 lesdits quatre groupes de signaux numériques.

36. Dispositif selon la revendication 34, caractérisé en ce que, pour la décompression, ledit ensemble de décodage préliminaire comporte

- 20 • des moyens pour faire normalement circuler, en une boucle (50-51-52), une trame desdits signaux décompressés, mais codés, reçus de ladite portion de décompression dudit ensemble de compression – décompression tant que les deux signaux binaires représentent simultanément une absence de correction et une absence de mouvement,
- des moyens pour substituer, dans la boucle, à cette trame en circulation une nouvelle trame avec de nouvelles valeurs de pixels qui se présente, au cas où le signal
- 25 binaire de correction indique la nécessité d'une correction, et
- des moyens pour effectuer, dans une matrice carrée (50), dont le nombre impair de lignes et de colonnes est plus petit que le nombre de lignes et de colonnes d'une trame, ces deux nombres étant supérieurs d'au moins une unité au nombre de
- 30 niveaux de quantification de ladite amplitude du déplacement, et à travers laquelle circulent lesdits signaux décompressés, une opération de translation des pixels en déplacement dans ladite matrice de leur position vers la position centrale de pixel dans celle-ci, au cas où le signal binaire de correction indique une absence de correction tandis que le signal binaire de mouvement indique un déplacement.

37. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, 11, 15, 17, 18, 19, 25, 29, 30, caractérisé en ce que l'opération de codage supplémentaire comprend la reconstitution, à partir du signal résultant d'un tel codage, du signal à mosaïque d'images avant ce codage ayant subi l'analyse par ondelettes et la comparaison du signal reconstitué pour une trame avec le signal à mosaïque d'images avant ce codage pour la trame juste antérieure ;
- 5 38. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 6 à 10, 12, 14, 21, 22, 34, 35, caractérisé en ce que, l'ensemble de codage supplémentaire comprend une unité (34) pour reconstituer, à partir du signal ayant subi le codage supplémentaire, le signal à mosaïque d'images avant ce codage débité par le filtre à ondelettes et pour comparer le signal
- 10 reconstitué pour une trame avec le signal à mosaïque d'images avant ce codage pour la trame juste antérieure.
39. Application du procédé de compression selon la revendication 11 ou du dispositif de compression selon la revendication 12 à l'enregistrement sur un support d'enregistrement, après compression, d'un signal vidéo numérique.
- 15 40. Application du procédé de décompression selon la revendication 13 ou du dispositif de décompression selon la revendication 14 à la lecture d'un support d'enregistrement enregistré par l'application selon la revendication 39.
41. Système de visiophonie caractérisé en ce qu'il comporte dans chaque poste un dispositif de compression-décompression selon la revendication 6 ou 34.
- 20 42. Système de vidéoconférence caractérisé en ce qu'il comporte dans chaque poste un dispositif de compression-décompression selon la revendication 6 ou 34.

Le Mandataire
Cabinet HARLE & PHÉLIP

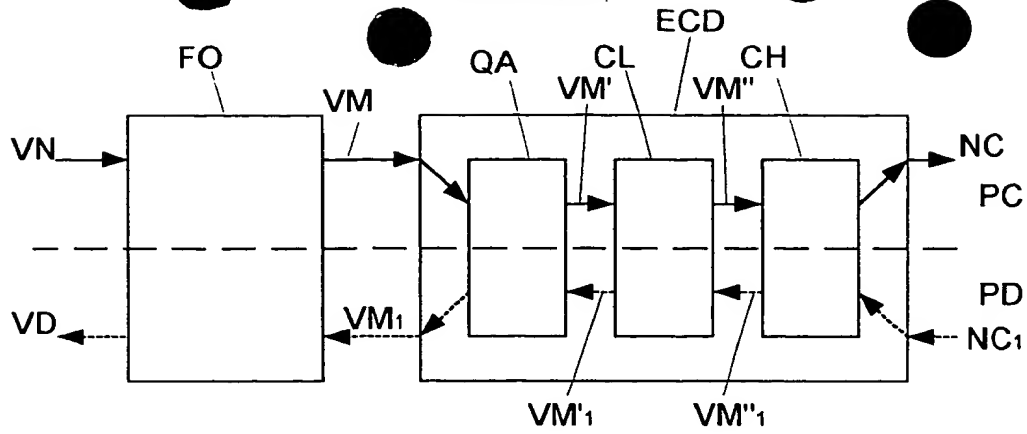


Fig. 1

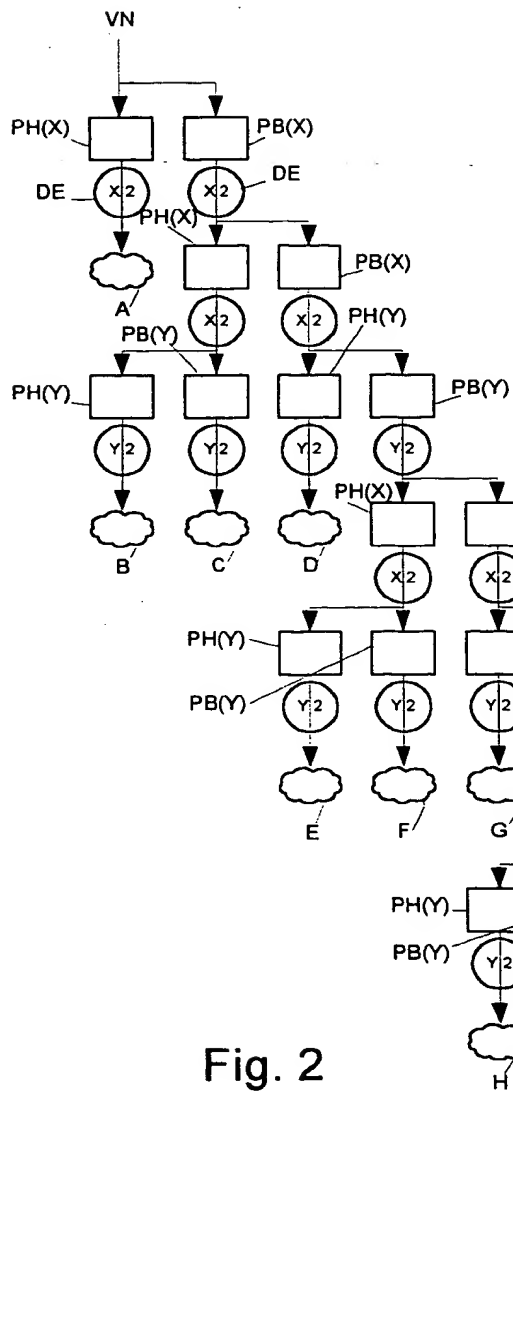


Fig. 2

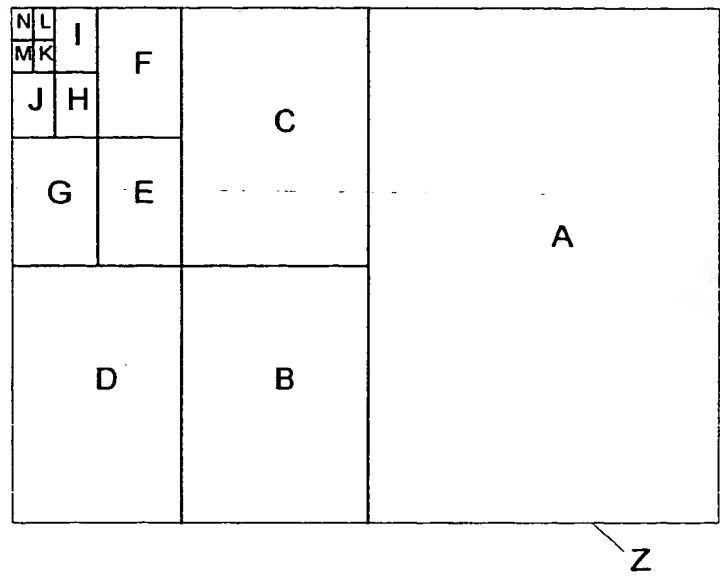


Fig. 3

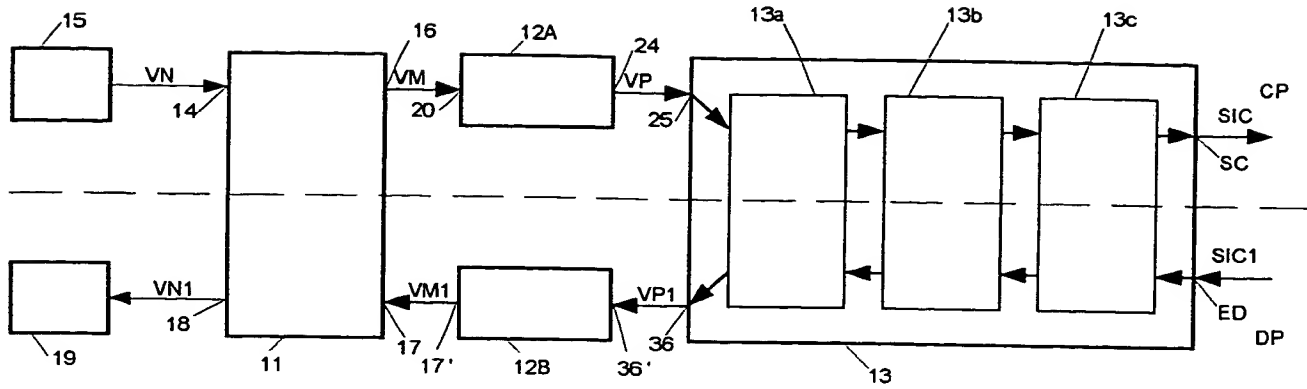


Fig. 4

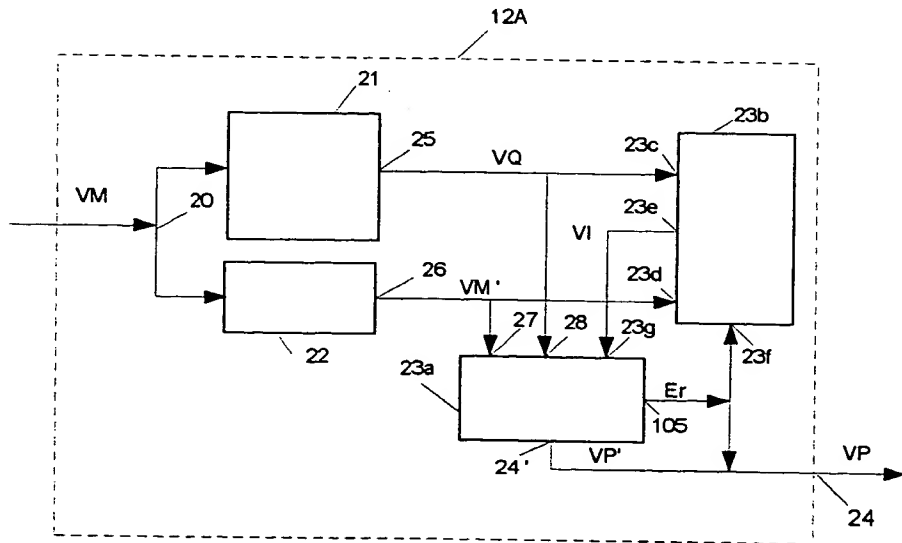


Fig. 5

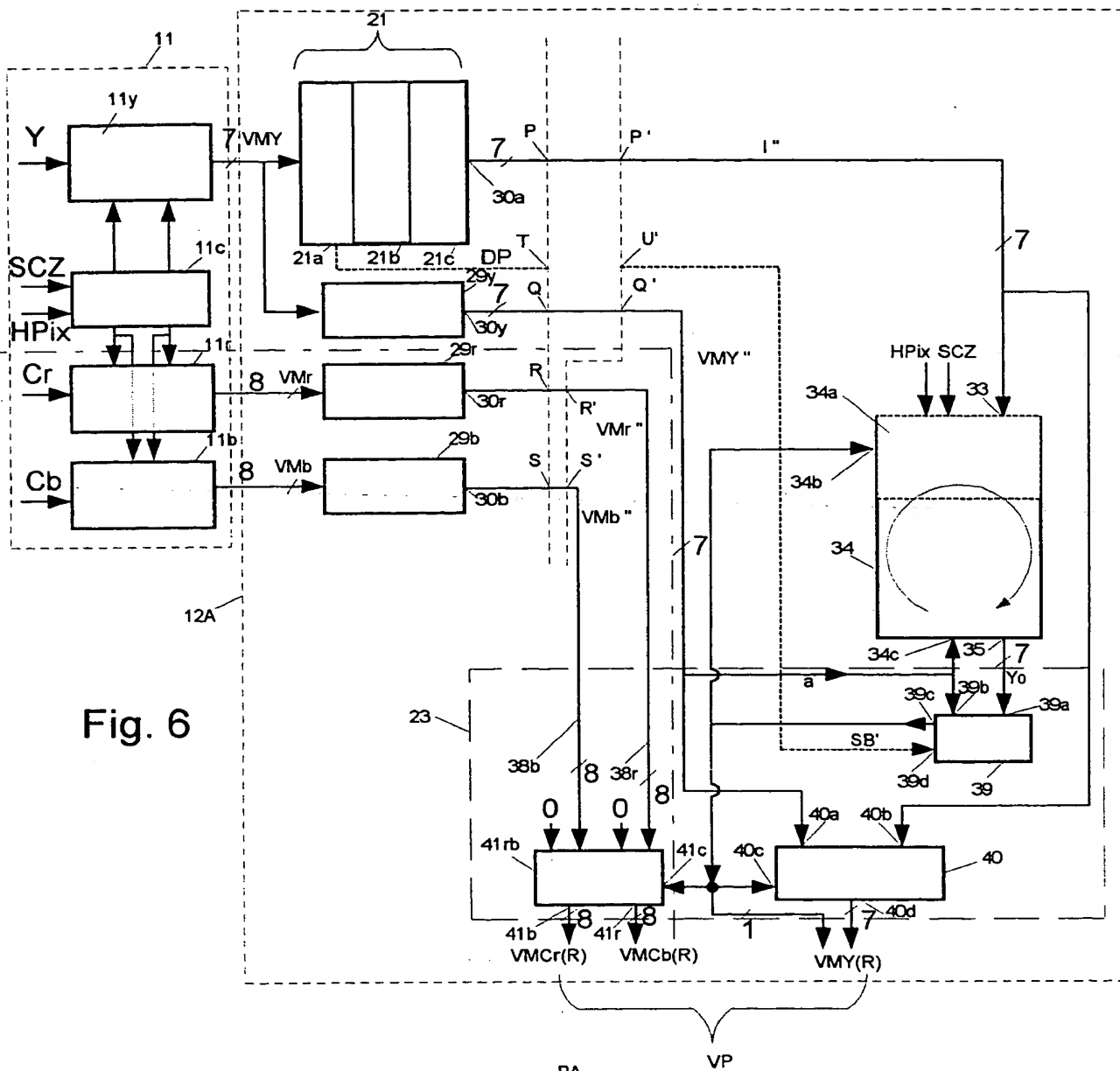


Fig. 6

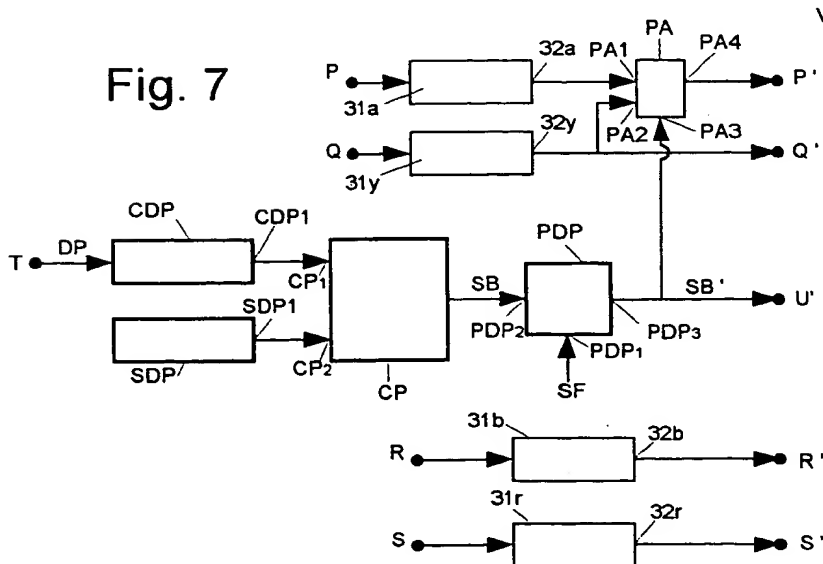


Fig. 7

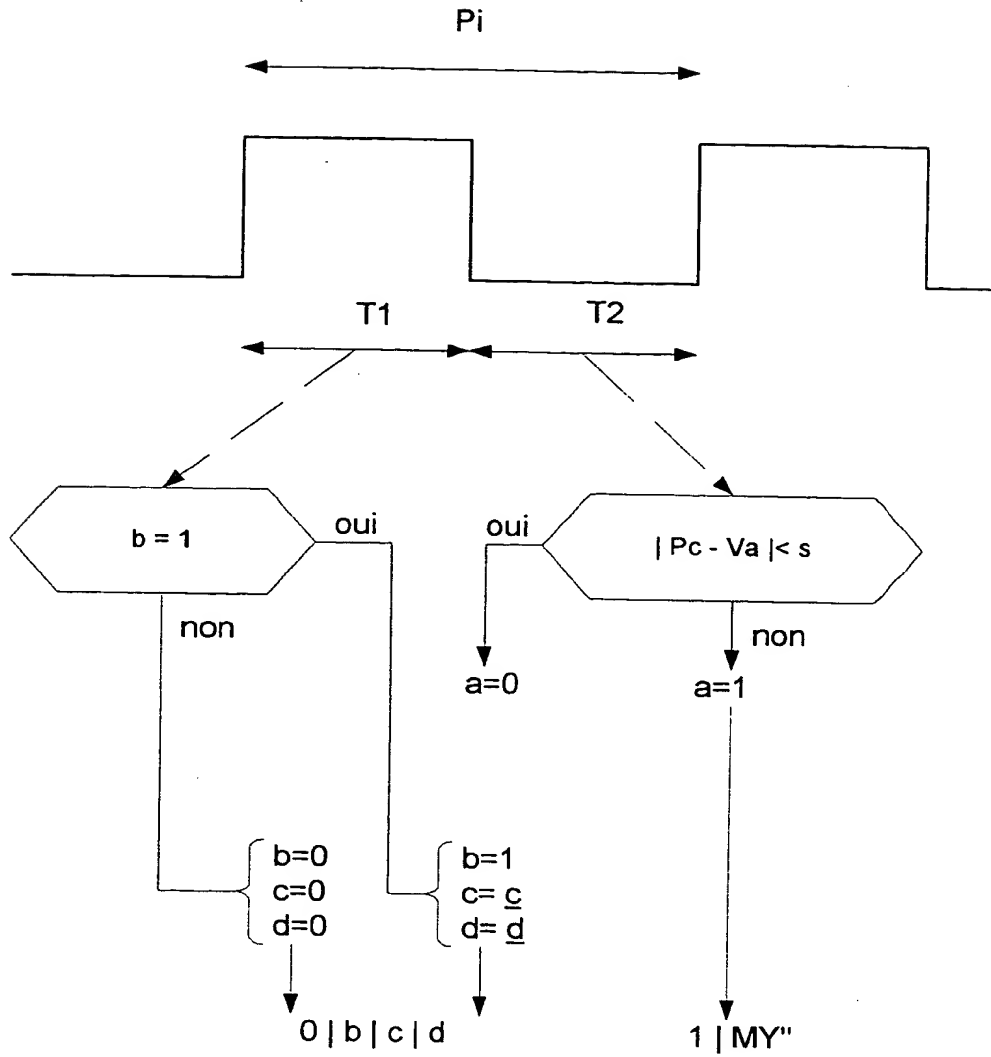
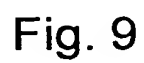


Fig. 8



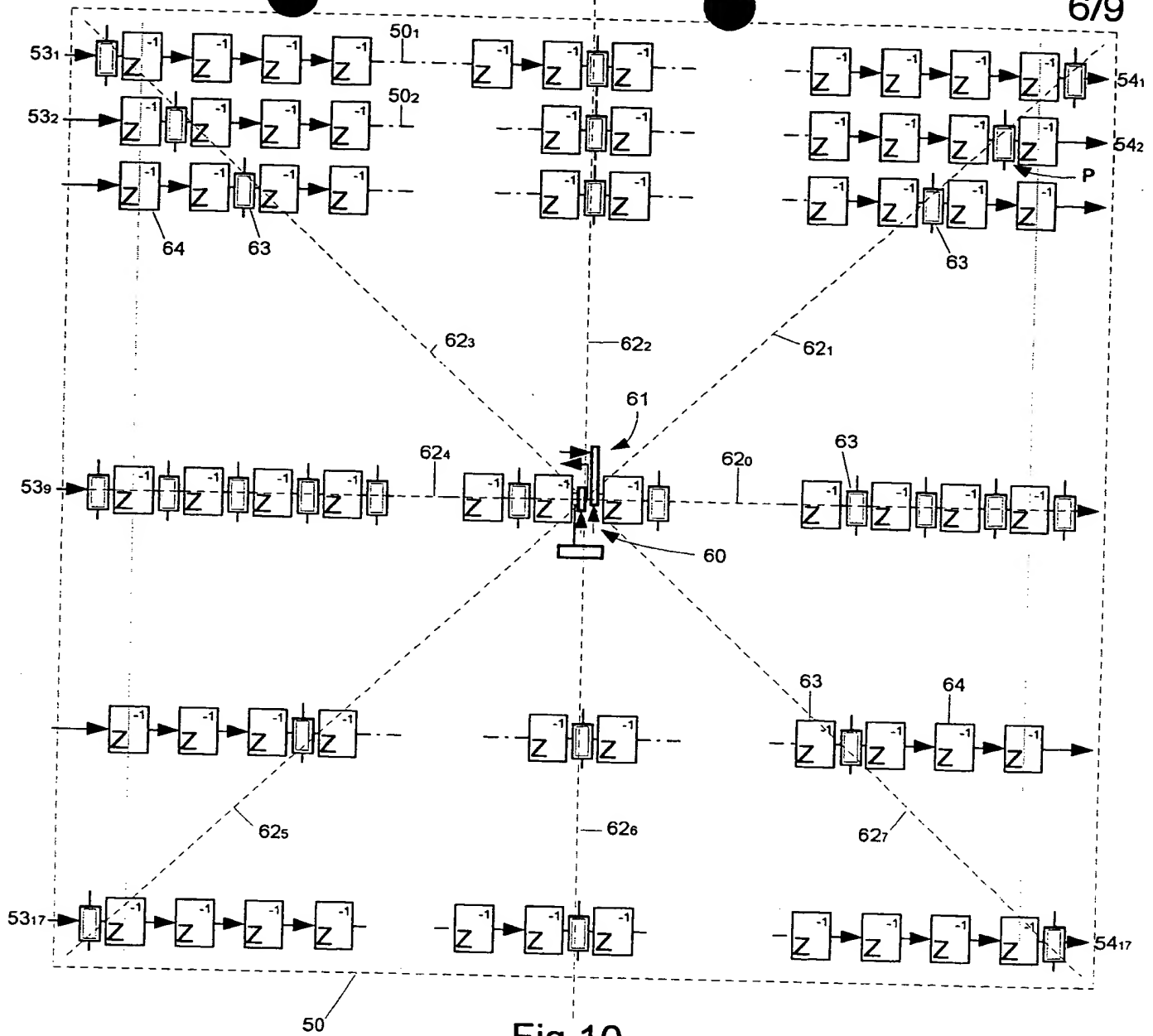


Fig. 10

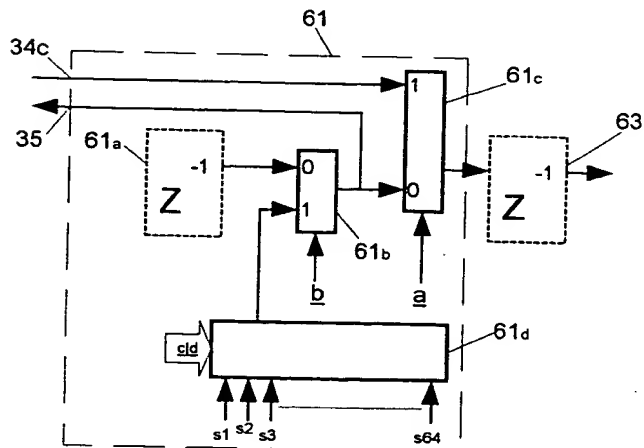


Fig. 11

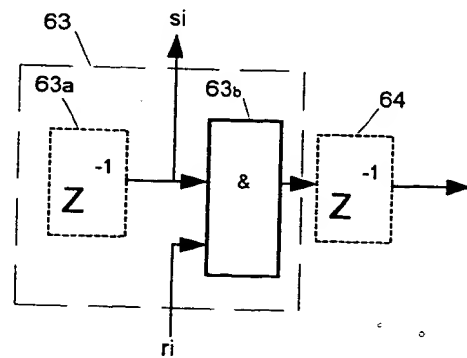


Fig. 12

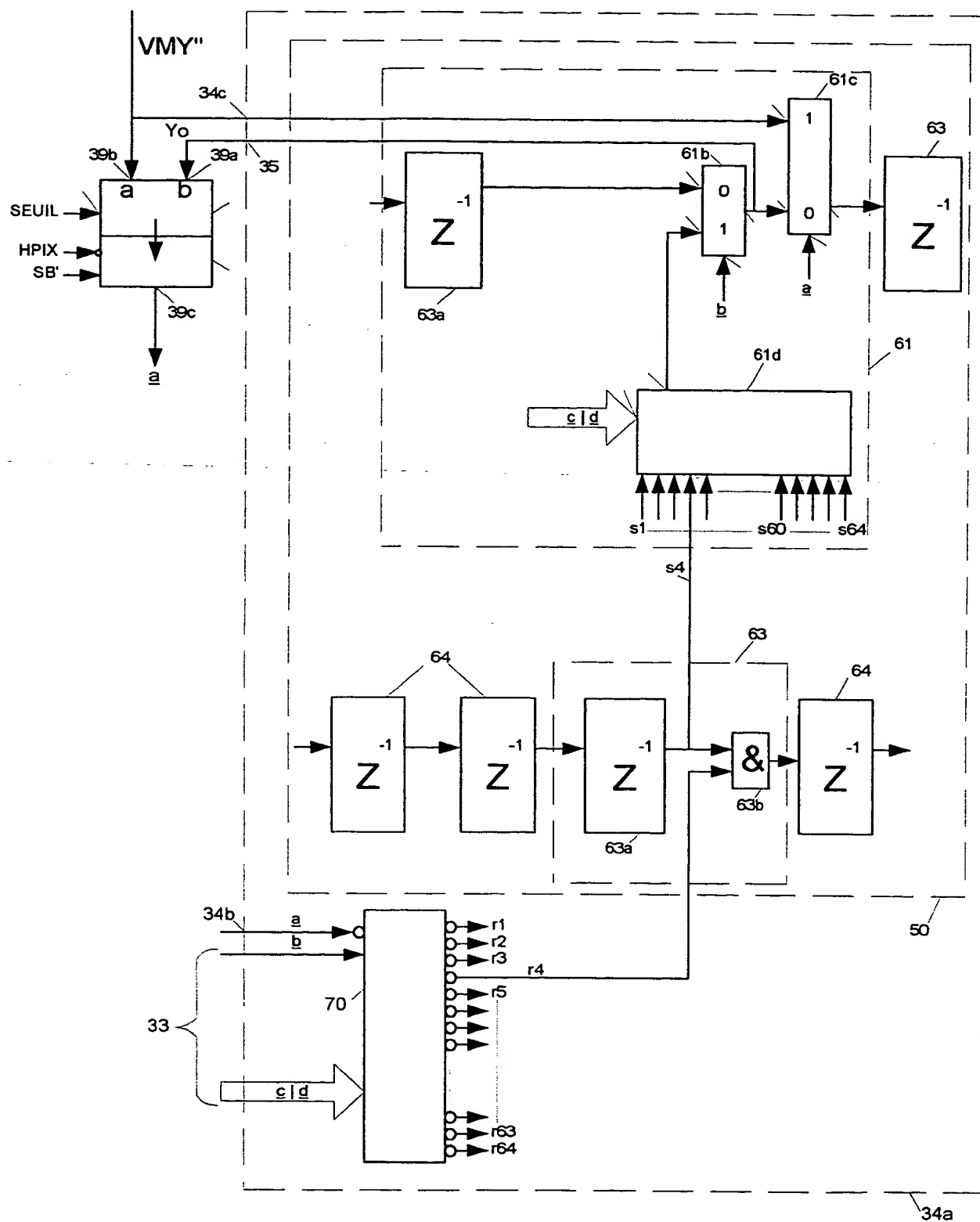


Fig. 13

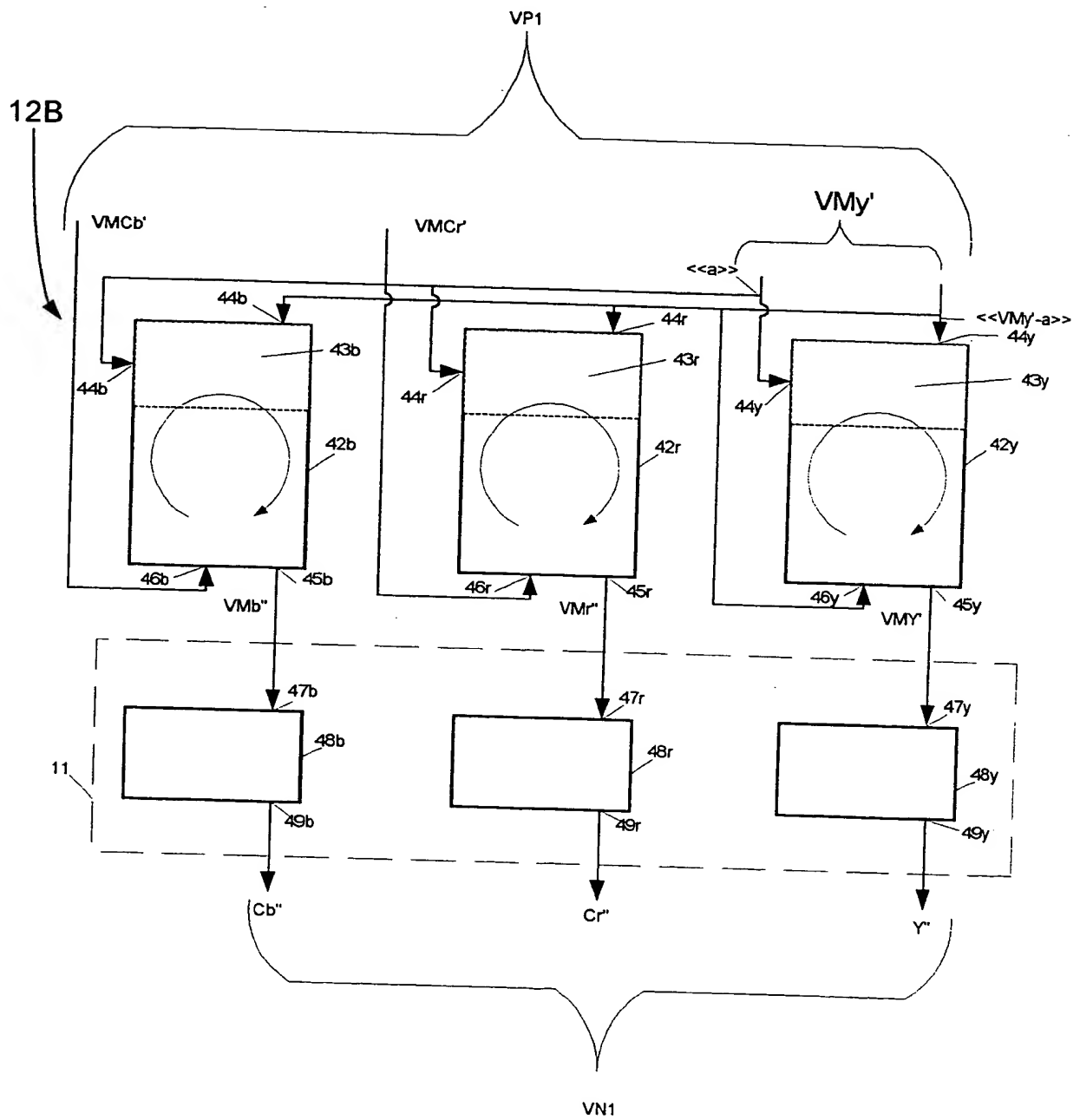


Fig. 14

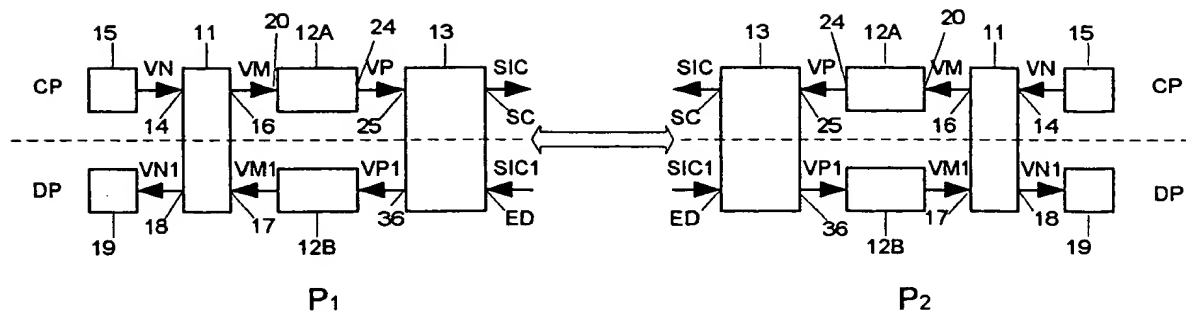


Fig. 15

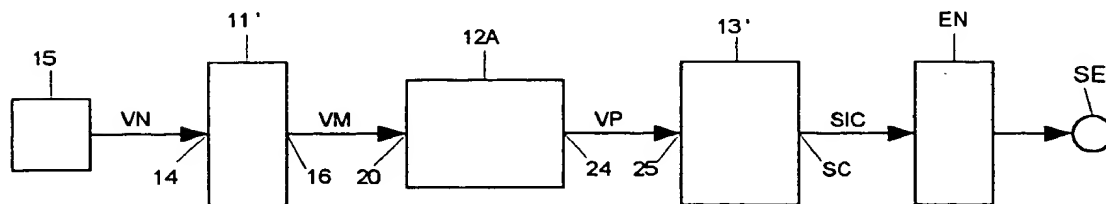


Fig. 16

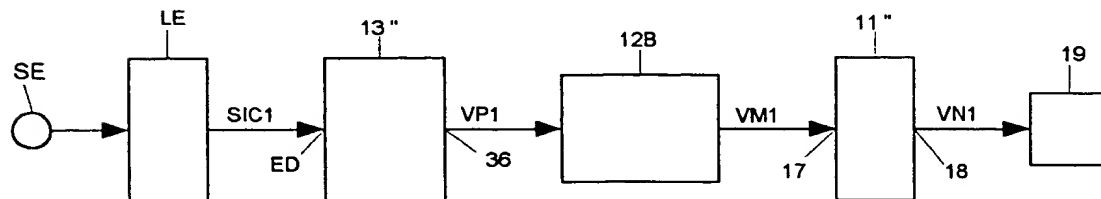


Fig. 17

This Page Blank (uspto)